



TUGAS AKHIR - RE 141581

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KECAMATAN SEMARANG BARAT KOTA SEMARANG

AULIA RAHMANISSA
3313100070

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
KECAMATAN SEMARANG BARAT KOTA
SEMARANG**

AULIA RAHMANISSA
3313100070

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RE 141581

**SEWERAGE AND DOMESTIC WASTEWATER
TREATMENT PLANT DESIGN OF SEMARANG
BARAT DISTRICT, SEMARANG**

**AULIA RAHMANISSA
3313100070**

**SUPERVISOR
Dr. Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. M.Sc**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planing
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN
AIR LIMBAH DOMESTIK KECAMATAN SEMARANG BARAT,
KOTA SEMARANG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
AULIA RAHMANISSA
NRP. 3313100070

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., MSc
NIP. 19590811 198701 1 001

SURABAYA, JULI 2017



PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KECAMATAN SEMARANG BARAT, KOTA SEMARANG

Nama Mahasiswa : Aulia Rahmanissa
NRP : 3313100070
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., MSc

ABSTRAK

Dalam dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional tahun 2015 – 2019 telah menargetkan 100:0:100, yang salah satunya mencakup air limbah. Kecamatan Semarang Barat sebagai salah satu kawasan yang peruntukannya sebagai pemukiman, perdagangan, dan jasa, tidak luput dari permasalahan air limbah. Di daerah pemukimannya, air limbah rumah tangga langsung dibuang ke saluran drainase tanpa pengolahan. Kelurahan yang dipilih adalah kelurahan Karangayu, Krobokan, Salamanmloyo, Cabean, dan Bojongsalaman. Sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 tentang rencana tata ruang wilayah, maka perencanaan pengolahan air limbah pada 5 kelurahan adalah ipal komunal. Perlu adanya pengolahan terhadap *greywater* dan efluen dari tangki septik, untuk membantu mengurangi pencemaran. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menghasilkan sistem penyaluran air limbah (SPAL) dan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang tepat serta rencana anggaran biayanya.

Total penduduk di wilayah perencanaan berjumlah 40.048 jiwa. Pelayanan air limbah akan dibagi menjadi 5 cluster. Lahan IPAL menggunakan lahan kosong, fasilitas umum, dan jalan pemukiman. Kualitas influen yang diolah adalah BOD 162 mg/L, COD 268 mg/L, dan TSS 210 mg/L. Perencanaan sistem penyaluran air limbah ini menggunakan sistem *shallow sewer*. Unit IPAL menggunakan kombinasi *anaerobic baffled reactor* - *anaerobic filter*.

Sistem penyaluran air limbah tiap cluster menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm – 250 mm. IPAL cluster 1 terdiri dari 3 unit (15,65 m x 6,8 m x 4,2 m). IPAL cluster 2 terdiri dari 3 unit (16,55 m x 7,4 m x 4,05 m). Untuk cluster 3 terdiri dari 1

unit (15 m x 1,9 m x 3,6 m).). IPAL cluster 4 terdiri dari 3 unit (20,35 m x 12 m x 3,7 m). cluster 5 terdiri dari 3 unit (15,45 m x 7,8 m x 3,6 m). Rencana anggaran biaya antara Rp 2.000.000.000,00 hingga Rp 12.000.000.000,00 dan biaya retribusi Rp 3000– 5000 /bulan

Kata kunci: air limbah, ABR, domestik, AF, Semarang

SEWERAGE AND DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANT DESIGN OF SEMARANG BARAT DISTRICT, SEMARANG

Name of Student : Aulia Rahmanissa
NRP : 3313100070
Department : Environmental Engineering
Advisor : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., MSc

ABSTRACT

Based on 'Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015– 2019 document, it sets 100:0:100 target. Semarang Barat district, which is designated for settlements, trade, and services, can't be spared from wastewater problems. In the settlements area, domestic wastewater directly discharged to drainage without any prior treatment. This study case took place in 5 kelurahan of Semarang Barat district, that is Kelurahan Karangayu, Krobokan, Salamanmloyo, Cabean, dan Bojongsalaman. In accordance with 'Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011' about spatial plan of Semarang, wastewater treatment in this district is planned to be community based. Therefore, it is necessary to plan the appropriate sewerage and wastewater treatment system as well as the budget plan for the construction, operational, and maintenance.

The total population of the area is 40.048. The wastewater management divided into 5 clusters. The wastewater characteristics consisted of COD 268 mg/L; BOD 162 mg/L; TSS 210 mg/L. The sewerage system is planned to use shallow sewer system while the treatment plant using combination of anaerobic baffled reactor and anaerobic filter.

Sewerage system will use PVC pipes with 100-200 mm diameter. Cluster 1, 2, and 5 consisted of 3 units of anaerobic baffled reactor and anaerobic filter formed in parallel with 4

compartments and 1 compartment respectively. Dimensions of each ABR-AF for cluster 1, 2, 4, and 5 are 15,65 m x 6,8 m x 4,2 m ; 16,55 m x 7,4 m x 4,05 m ; 20,35 m x 12 m x 3,7 m ; 15,45 m x 7,8 m x 3,6 m .Cluster 3 consisted of 1 unit of anaerobic baffled reactor and anaerobic filter formed in parallel with 3 compartments and 1 compartment respectively. The dimension unit is 15 m x 1,9 m x 3,6 m. The range of construction cost is between Rp 2.000.000.000,00 to Rp 12.000.000.000,00. Monthly retribution cost for household is range between Rp 3.000,00 – 5.000,00

Keyword: ABR, AF, domestic, Semarang, wastewater

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat, dan nikmat-Nya, laporan tugas akhir berjudul 'Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang' dapat terselesaikan.

Selama proses penyusunan laporan ini, penyusun telah mendapat bantuan, saran, dan motivasi. Ucapan terima kasih penyusun sampaikan kepada:

1. Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., MSc selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingannya dalam tugas akhir ini
2. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc, Ir. Atiek Moesriati, M.Kes, dan Adhi Yuniarto ST., MT., PhD selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran untuk penyelesaian tugas akhir ini
3. Harmin Sulistyanning Titah, ST., MT., PhD selaku koordinator tugas akhir yang telah membantu dalam kegiatan tugas akhir penyusun dan teman-teman
4. Pihak Bappeda Kota Semarang dan PDAM Kota Semarang yang telah membantu dalam pengumpulan data
5. Pihak Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang yang telah membantu dalam penelitian laboratorium
6. Bapak Eddi selaku laboran dari Laboratorium Kualitas Lingkungan ITS yang telah membantu dalam penelitian laboratorium
7. Bapak dan Ibu staff kelurahan Karangayu, Salamanmloyo, Bojongsalaman, Krobokan, dan Cabean yang telah membantu dalam pengumpulan data
8. Orang tua, dan adik yang selalu memberikan doa dan motivasi

9. Teman-teman angkatan 2013, baik yang telah lulus 3,5 tahun maupun yang mengambil TA pada semester 8, yang selalu memberikan bantuan dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan ke depannya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017
Hormat saya,

Aulia Rahmanissa (3313100070)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Limbah Domestik	5
2.1.1 Karakteristik Greywater	5
4.1.2 Efluen Tangki Septik	6
2.1.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik	7
2.3 Perhitungan Debit Air Limbah	7
2.3.1 Debit Rata-Rata (Qr)	8
2.2.2 Debit Minimum (Qmin)	8
2.2.3 Debit Puncak (Qpeak)	9
2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah	9
2.3.1 Manhole	12
2.2 Pengolahan Air Limbah	13
2.2.1 Pengolahan Fisik	13
2.2.2 Pengolahan Kimia	13
2.2.3 Pengolahan Biologis	14
2.3 Sistem Pengolahan Air Limbah Komunal	14
2.4 Anaerobic Baffle Reactor (ABR)	15
2.5 Anaerobic Filter	24
BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN	28

<u>3.1 Profil Wilayah</u>	28
<u>3.2 Kependudukan</u>	29
<u>3.4 Lokasi Wilayah Perencanaan</u>	32
<u>BAB 4 METODE PERENCANAAN</u>	35
<u>4.1 Kerangka Perencanaan</u>	36
<u>4.2 Tahapan Perencanaan</u>	38
<u>BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN</u>	42
<u>5.1 Perhitungan Debit Air Limbah</u>	42
<u>5.2 Preliminary Sizing dan Penetapan Cluster</u>	43
<u>5.3 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah</u>	49
<u>5.3.1 Pembebanan Pipa</u>	79
<u>5.3.2 Perhitungan Dimensi Pipa</u>	82
<u>5.3.3 Penanaman Pipa</u>	85
<u>5.3.4 Perhitungan Manhole</u>	87
<u>5.2 Perencanaan IPAL</u>	89
<u>5.2.1 Karakteristik Air Limbah</u>	89
<u>5.2.2 Pemilihan Unit Pengolahan Pengolahan Air Limbah</u> ..	91
<u>5.2.3 IPAL Cluster 1</u>	93
<u>5.2.5 IPAL Cluster 2</u>	107
<u>5.2.6 IPAL Cluster 3</u>	122
<u>5.2.7 IPAL Cluster 4</u>	137
<u>5.2.8 IPAL Cluster 5</u>	151
<u>5.2.9 Resume Detail Engineering Design</u>	166
<u>5.3 Bill of Quantity</u>	168
<u>5.3.1 BOQ Perpipa</u>	168
<u>5.3.2 BOQ Penanaman dan Galian Pipa</u>	170
<u>5.3.3 BOQ IPAL</u>	173
<u>5.4.1 Rencana Anggaran Biaya SPAL</u>	179
<u>5.4.2 Rencana Anggaran Biaya IPAL</u>	182
<u>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN</u>	198
<u>6.1 Kesimpulan</u>	198
<u>6.2 Saran</u>	199
<u>DAFTAR PUSTAKA</u>	200

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik	7
Tabel 2. 2 Tingkat Pemakaian Air Minum Rumah Tangga Berdasarkan Kategori Kota	8
Tabel 2. 3 Jarak antar manhole pada jalur lurus	12
Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk, KK dan Luas Wilayah	29
Tabel 3. 2 Jumlah Rumah Penduduk Berdasarkan Jenisnya	30
Tabel 5. 1 Pembagian Cluster	46
Tabel 5. 2 Perhitungan Debit Air Limbah Cluster 1	52
Tabel 5. 3 Perhitungan Debit Air Limbah Cluster 2	57
Tabel 5. 4 Perhitungan Debit Air Limbah Cluster 4	60
Tabel 5. 5 Perhitungan Debit Air Limbah Cluster 5	74
Tabel 5. 6 Hasil pengujian sampel	90
Tabel 5. 7 Kualitas Influen Air Limbah Domestik	91
Tabel 5. 8 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 1	106
Tabel 5. 9 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 2	121
Tabel 5. 10 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3	136
Tabel 5. 11 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3	150
Tabel 5. 12 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3	165
Tabel 5. 13 Resume DED IPAL Tiap Cluster	167
. Tabel 5. 14 Kebutuhan Pipa Cluster 1	168
. Tabel 5. 15 Kebutuhan Pipa Cluster 2	168
Tabel 5. 16 Kebutuhan Pipa Cluster 3	168
. Tabel 5. 17 Kebutuhan Pipa Cluster 4	169
. Tabel 5. 18 Kebutuhan Pipa Cluster 5	169
Tabel 5. 19 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 1	169
Tabel 5. 20 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 2	169
Tabel 5. 21 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 3	170
Tabel 5. 22 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 4	170
Tabel 5. 23 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 5	170
Tabel 5. 24 Indeks Satuan Pekerjaan Galian	172
Tabel 5. 25 RAB SPAL Cluster 1	180
Tabel 5. 26 RAB SPAL Cluster 2	180
Tabel 5. 27 RAB SPAL Cluster 3	181
Tabel 5. 28 RAB SPAL Cluster 4	181
Tabel 5. 29 RAB SPAL Cluster 5	181

Tabel 5. 30 RAB Sumur Pengumpul Cluster 1	182
Tabel 5. 31 RAB Sumur Pengumpul Cluster 2	183
Tabel 5. 32 RAB Sumur Pengumpul Cluster 3	184
Tabel 5. 33 RAB Sumur Pengumpul Cluster 4	186
Tabel 5. 34 RAB Sumur Pengumpul Cluster 5	187
Tabel 5. 35 RAB IPAL Cluster 1	189
Tabel 5. 36 RAB IPAL Cluster 2	190
Tabel 5. 37 RAB IPAL Cluster3	191
Tabel 5. 38 RAB IPAL Cluster 4	193
Tabel 5. 39 RAB IPAL Cluster 5	194
Tabel 5. 40 Rencana Investasi per KK	196
Tabel 5. 41 Blaya Pemeliharaan Per Tahun untuk 1 cluster	196
Tabel 5. 42 Blaya Retribusi per bulan	197

DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar 2. 1 Kurva Hidrolik Pipa Air Buangan</u>	10
<u>Gambar 2. 2 Bentuk Manhole</u>	13
<u>Gambar 2. 3 Anaerobic Baffled Reactor</u>	16
<u>Gambar 2. 4 Grafik COD removal pada settler</u>	17
<u>Gambar 2. 5 Hubungan BOD Removal dengan organic overloading</u>	18
<u>Gambar 2. 6 Hubungan BOD Removal dengan beban air limbah</u>	19
<u>Gambar 2. 7 Hubungan COD removal dengan suhu pada reaktor anaerob</u>	20
<u>Gambar 2. 8 Hubungan BOD removal dengan Hydraulic Retention Time (HRT) pada ABR</u>	21
<u>Gambar 2. 9 Hubungan COD removal dengan beban limbah pada anaerob</u>	23
<u>Gambar 2. 10 Grafik penurunan produksi lumpur</u>	23
<u>Gambar 2. 11 Anaerobic Filter</u>	25
<u>Gambar 2. 12 Hubungan COD Removal dengan HRT pada Anaerobic Filter</u>	26
<u>Gambar 2. 13 Hubungan COD Removal dengan suhu pada anaerobic reactor</u>	26
<u>Gambar 2. 14 Hubungan COD Removal dengan beban limbah pada anaerobic filter</u>	27
<u>Gambar 3. 1 Peta Daerah Perencanaan</u>	29
<u>Gambar 3. 2 Kondisi jalan di Kelurahan Karangayu</u>	31
<u>Gambar 3. 3 Kondisi salah satu saluran buangan di Kelurahan Karangayu</u>	32
<u>Gambar 3. 4 Salah satu saluran buangan di Kelurahan Krobokan</u>	32
<u>Gambar 3. 5 Alternatif Lokasi di Kelurahan Karangayu</u>	33
<u>Gambar 3. 6 Alternatif Lokasi di Kelurahan Salamanmloyo</u>	33
<u>Gambar 3. 7 Alternatif Lokasi di Kelurahan Krobokan</u>	34
<u>Gambar 3. 8 Alternatif Lokasi di Kelurahan Bojongsalaman</u>	34
<u>Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan Tugas Akhir</u>	38

<u>Gambar 5. 1 Sketsa pembebanan saluran 1b – 1c</u>	81
<u>Gambar 5. 2 Sketsa peletakan manhole saluran tersier dan sekunder</u>	88
<u>Gambar 5. 3 Sketsa peletakan manhole saluran primer</u>	89
<u>Gambar 5. 4 Titik pengambilan sampel</u>	90
<u>Gambar 5. 5 Diagram pengolahan</u>	93
<u>Gambar 5. 6 Tipikal removal BOD dan TSS pada bak pengendap</u>	97
<u>Gambar 5. 7 Kesetimbangan massa TSS, COD, dan BOD</u>	99
<u>Gambar 5. 8 Kesetimbangan massa TSS, COD, dan BOD</u>	113
<u>Gambar 5. 9 Kesetimbangan massa TSS, COD, dan BOD</u>	128
<u>Gambar 5. 10 Kesetimbangan massa TSS, COD, dan BOD</u>	143
<u>Gambar 5. 11 Kesetimbangan massa TSS, COD, dan BOD</u>	157
<u>Gambar 5. 12 Rencana Galian Pipa</u>	171
<u>Gambar 5. 13 Bentuk Galian Pipa</u>	171

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan SPAL
Lampiran B Manhole
Lampiran C BOQ SPAL dan HSPK

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Kota Semarang sebagai salah satu kota besar di Indonesia sekaligus ibukota dari Provinsi Jawa Tengah tak luput dari permasalahan air limbah. Persebaran penduduk kota Semarang paling padat berada di dekat pusat kota. Kebutuhan air bersih yang berbanding lurus dengan air limbah buangan yang dihasilkan. Menurut Syafrudin (2014), penanganan air limbah *greywater* di Kota Semarang sebanyak 94,06% dibuang ke saluran drainase dan 5,94% diresapkan ke dalam tanah. Untuk *blackwater*, atau air limbah dari toilet, langsung dialirkan menuju septik tank atau tangki septik, sedangkan air limpasan dari tangki septik diresapkan ke tanah atau dibuang ke saluran umum.

Kecamatan Semarang Barat sebagai salah satu kawasan yang peruntukannya untuk pemukiman, perdagangan, dan jasa, termasuk dalam daerah dengan kepadatan tinggi. Tugas akhir ini akan mengambil studi kasus di 5 kelurahan di kecamatan Semarang Barat, yaitu kelurahan Karangayu, Krobokan, Salamanmloyo, Ceban, dan Bojongsalaman. Daerah pemukiman di 5 kelurahan tersebut masih membuang air limbahnya ke saluran drainase yang kemudian disalurkan ke sungai atau diresapkan di tanah.

Menurut Peraturan Pemerintah Indonesia nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah air buangan yang berasal dari rumah tangga termasuk tinja manusia dari lingkungan permukiman. Air limbah domestik di bagi menjadi dua yaitu *greywater* dan *blackwater*. *Greywater* merupakan jenis air limbah domestik yang proses pengalirannya tidak melalui toilet, seperti air bekas mandi, air bekas cuci pakaian, air bekas cuci piring. *Blackwater* adalah jenis air limbah domestik yang proses pengalirannya melalui toilet atau yang mengandung kotoran manusia. *Greywater* yang dibuang langsung ke saluran drainase tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan penipisan oksigen, peningkatan kekeruhan, eutrofikasi, serta kontaminasi mikroba dan bahan kimia terhadap badan air (Tilley dan Peters, 2008). Tangki septik berkontribusi sebagai sumber pencemar melalui kontaminasi langsung dan tidak langsung. Kontaminasi langsung seperti bakteri pathogen,

nutrient, zat organik. Sedangkan kontaminasi tidak langsung dari masuknya air yang dapat meningkatkan penyebaran kontaminan dan atau kelangsungan mikroba (Reay, 2004). Tangki septik sendiri kurang efektif dalam penyisihan kandungan nutrisi air limbah, dimana penyisihan total-N rendah (Gill dkk, 2009). Sehingga perlu adanya pengolahan terhadap *greywater* dan effluen dari tangki septik untuk mengurangi pencemaran terhadap lingkungan.

Pada dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015-2019 telah disebutkan bahwa target yang akan dicapai adalah 100% pelayanan air minum, 0% kawasan pemukiman kumuh, dan 100% sanitasi yang layak. Sanitasi yang dimaksud mencakup air limbah, drainase dan persampahan. Untuk penanganan air limbah, sasaran yang direncanakan adalah penambahan infrastruktur, air limbah sistem terpusat, pengolahan air limbah komunal, dan peningkatan pengelolaan lumpur tinja melalui pembangunan IPLT di berbagai kota/kabupaten di Indonesia.

Menurut Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah tahun 2011-2031, rencana sistem pembangunan ipal komunal diarahkan untuk semua kecamatan dengan kepadatan tinggi, salah satunya adalah Kecamatan Semarang Barat. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan sistem pengolahan air limbah komunal di kecamatan tersebut, yang pada tugas akhir ini akan difokuskan pada 5 kelurahan.

Sistem penyaluran air limbah untuk sistem komunal menggunakan *shallow sewer*. Sistem penyaluran ini lebih sederhana, murah, dan dapat menjangkau lebih banyak rumah tangga dibandingkan dengan *conventional gravity sewerage* yang diperuntukkan untuk sistem terpusat.

Teknologi pengolahan limbah yang paling banyak digunakan di sistem pengolahan limbah skala kawasan di Indonesia adalah *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) (WSP, 2013). Teknologi ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan seperti biaya operasional yang rendah, efisiensi pengolahan tinggi, tidak memakan banyak lahan karena dapat dibangun di dalam tanah (Tilley, dkk 2014). Salah satu kelemahan dari ABR adalah dapat terbawanya suspended solid ke outlet. Diperlukan suatu media

filter pada kompartemen akhir untuk menahan suspended solid agar tidak ikut terbawa keluar outlet. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini sistem pengolahan untuk skala komunal yang digunakan adalah *anaerobic baffled reactor* dengan kombinasi anaerobic filter.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana desain sistem penyaluran air limbah (SPAL) di wilayah Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang?
2. Bagaimana desain instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang sesuai di wilayah Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang?
3. Berapa rencana anggaran biaya pembangunan, operasi, dan pemeliharaan SPAL dan IPAL yang dibutuhkan?
4. Berapa rencana anggaran biaya pembangunan, operasi, dan pemeliharaan IPAL yang dibutuhkan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Menghasilkan desain sistem penyaluran air limbah yang sesuai dengan Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang
2. Menghasilkan desain instalasi pengolahan air limbah domestik yang sesuai dengan Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang
3. Menentukan rencana anggaran biaya pembangunan, operasi, dan pemeliharaan SPAL yang dibutuhkan
4. Menentukan rencana anggaran biaya pembangunan, operasi, dan pemeliharaan IPAL yang dibutuhkan

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam perencanaan ini adalah:

1. Lokasi perencanaan di daerah pemukiman Kelurahan Karangayu, Krobokan, Salamanmloyo, Cabelan, dan Bojongsalaman

2. Baku mutu air limbah domestik mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik
3. Air limbah yang diolah merupakan campuran *greywater* dan *blackwater* dari efluen tangki septik
4. Perencanaan sistem penyaluran mencakup pipa induk
5. Perencanaan SPAL dan *Detail Engineering Design* (DED) IPAL
6. Aspek yang digunakan adalah aspek teknis dan finansial
7. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) mengacu pada harga satuan di Kota Semarang

1.5 Manfaat

Manfaat dari perencanaan ini adalah:

1. Memberikan rekomendasi desain sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah domestik
2. Sebagai bahan masukan Pemerintah Kota Semarang mengenai pembiayaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah yang dapat diterapkan pada Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 09 Tahun 2015 tentang penggunaan sumber daya air, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Definisi air limbah domestik adalah air buangan yang berasal dari penggunaan untuk keperluan sehari-hari non industri. Air limbah domestik dibagi menjadi 2 berdasarkan asalnya, yaitu *greywater* dan *blackwater*. *Greywater* merupakan air limbah yang berasal dari kegiatan dapur, kamar mandi, dan mencuci sedangkan *blackwater* merupakan air limbah yang berasal dari toilet (Büsser dkk, 2007)

2.1.1 Karakteristik *Greywater*

Karakteristik air limbah domestik dibagi menjadi tiga, yaitu fisik, kimia, dan biologi. Yang termasuk karakteristik fisik adalah suhu, warna, bau, dan padatan tersuspensi.

1. Warna

Air limbah segar biasanya berwarna abu-abu kecoklatan berubah menjadi abu-abu gelap hingga hitam jika lama disimpan pada kondisi anaerobik (Tchobanoglous dkk, 2003). Pada air limbah, warna biasanya disebabkan oleh kehadiran materi-materi *dissolved*, *suspended*, dan senyawa-senyawa koloidal, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi (Siregar, 2005)

2. Bau

Air limbah segar biasanya berwarna abu-abu kecoklatan berubah menjadi abu-abu gelap hingga hitam jika lama disimpan pada kondisi anaerobik (Tchobanoglous dkk, 2003).

3. Suhu

Air limbah sering memiliki suhu lebih tinggi daripada air bersih dan bervariasi pada 18 – 30°C. Suhu lebih tinggi menyebabkan peningkatan pertumbuhan bakteri dan pengurangan kelarutan CaCO_3 sehingga menimbulkan pengendapan di tangki penyimpanan maupun sistem perpipaan (Morel dan Diener, 2006).

4. Padatan tersuspensi

Konsentrasi padatan tersuspensi pada air limbah domestik antara 50 – 300 mg/L dan tergantung dari jumlah air yang digunakan. Konsentrasi tertinggi padatan tersuspensi secara tipikal ditemukan dalam air limbah dapur dan pencucian (Morel dan Diener, 2006).

Karakteristik kimia antara lain adalah pH dan alkalinitas, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

1. pH dan alkalinitas

Agar pengolahan lebih mudah dan menghindari pengaruh negatif pada tanah dan tanaman pH air limbah domestik seharusnya antara 6,5 – 8,4 (US EPA, 2004). Air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya (Sugiharto, 2008). Alkalinitas merupakan ukuran kemampuan air limbah untuk dinetralisasi (Siregar, 2005). Alkalinitas air limbah biasanya antara 20-340 mg/L dengan tingkat tertinggi ditemukan pada air limbah pencucian dan dapur (Ledin dkk, 2001).

2. BOD dan COD

BOD dan COD merupakan parameter untuk mengukur polusi organik di air. Pembuangan limbah dengan kadar BOD dan COD tinggi ke air permukaan menimbulkan kekurangan oksigen sehingga kehidupan air tidak berlangsung lama. Beban BOD dalam air limbah yang ditemukan di berbagai negara berjumlah antara 20 – 50 gram/orang.hari (Mara, 2003) Rasio COD/BOD sebagai indikator tingkat mudahnya *biodegradable* air limbah tergolong bagus jika dibawah 2 – 2,5. Air limbah di negara berpendapatan rendah dan menengah mengindikasikan rasio COD/BOD antara 1,6–2,9. Nilai maksimum dari air limbah tersebut berasal dari pencucian dan dapur (Morel dan Diener, 2006).

4.1.2 Efluen Tangki Septik

Tangki septik merupakan pengolahan air limbah berskala kecil dan paling umum digunakan di rumah tangga (Gutterer dkk, 2009). Tangki septik adalah tangki yang dipasang di dalam tanah untuk mengolah air limbah secara anaerob (US EPA, 2004) Secara prinsip, pengolahan di dalam tangki septik adalah pengendapan dan pengolahan biologis dengan kontak dari *fresh wastewater* dan lumpur aktif. Aliran turbulen akan membantu mempercepat

degradasi padatan tersuspensi dan terlarut. Namun, aliran turbulen juga dapat mengganggu proses sedimentasi dimana akan lebih banyak padatan tersuspensi yang keluar sebagai efluen dan menyebabkan bau. (Gutterer dkk, 2009) Tangki septik dapat berkontribusi sebagai sumber pencemar melalui kontaminasi langsung dan tidak langsung. Kontaminasi langsung seperti bakteri pathogen, nutrient, zat organik. Sedangkan kontaminasi tidak langsung dari masuknya air yang dapat meningkatkan penyebaran kontaminan dan atau kelangsungan mikroba (Reay, 2004). Tangki septik sendiri kurang efektif dalam penyisihan kandungan nutrisi air limbah, dimana penyisihan total-N rendah (Gill dkk, 2009).

2.1.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Air limbah harus diolah sebelum akhirnya dibuang ke badan air agar memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Baku mutu yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	pH		6 – 9
2	BOD	mg/L	30
3	COD	mg/L	100
4	TSS	mg/L	30
5	Minyak dan Lemak	mg/L	5
6	Amoniak	mg/L	10
7	Total Coliform	$\Sigma/100\text{mL}$	3000

Sumber: Permen LHK, 2016

2.3 Perhitungan Debit Air Limbah

Menurut Hardjosuprpto (2000), cara menentukan debit air limbah yang akan diolah dapat menggunakan beberapa pendekatan, yaitu debit rata-rata, debit minimum, dan debit puncak.

2.3.1 Debit Rata-Rata (Qr)

Debit air buangan yang berasal dari rumah tangga, bangunan umum, bangunan komersial, dan bangunan industri. Dari berbagai sarana di atas, tidak semua air yang diperlukan untuk kegiatan sehari-hari terbuang ke saluran pengumpul, hal ini disebabkan beragamnya kegiatan. Berkurangnya jumlah air yang terbuang sebagai air buangan disebabkan kegiatan seperti mencuci kendaraan, menyiram tanaman, dan lain-lain. Berdasarkan SK-SNI dari Kementrian Pekerjaan Umum tahun 2000, perhitungan debit air limbah rata-rata dapat diketahui dari 80% jumlah pemakaian air minum. Tingkat pemakaian air minum rumah tangga berdasarkan kategori kota dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Tingkat Pemakaian Air Minum Rumah Tangga Berdasarkan Kategori Kota

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (x 1000 orang)	Tingkat Pemakaian Air Minum (L/orang/hari)	Debit Air Limbah (L/orang/hari)
1	Kota Metropolitan	>1000	190	152
2	Kota Besar	500 - 1000	170	136
3	Kota Sedang	100 – 500	150	120
4	Kota Kecil	20 – 100	130	104
5	Kota Kecamatan	3 – 20	100	80
6	Kota Pusat Pertumbuhan	<3	30	24

Sumber: SK-SNI Air Minum, 2000

2.2.2 Debit Minimum (Qmin)

Debit air buangan pada saat minimum, debit ini berguna dalam penentuan kedalaan minimum, untuk menentukan apakah saluran harus digelontor atau tidak, nilai debit bervariasi sesuai dengan jumlah penduduk (Tchobanoglous dkk, 2003).

Persamaan untuk menghitung debit minimum adalah:

$$Q_{min} = 0,2 \times P^{1,2} \times Q_r \dots\dots\dots(2.1)$$

2.2.3 Debit Puncak (Q_{peak})

Debit puncak merupakan perkalian antara debit rata-rata dan *factor peak*. Menurut Fair dan Geyer (1954), penentuan factor peak dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Faktor } peak (fp) = (18 + p^{0.5}) / (4 + p^{0.5}) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

P = jumlah penduduk (jiwa)

2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah

Secara hidrolis, pengaliran air limbah dapat dilakukan secara gravitasi, bertekanan, dan vakum.

1. Gravitasi

Pada sistem ini, penyaluran air limbah memanfaatkan gaya gravitasi berdasarkan topografi yang ada di daerah perencanaan.

2. Bertekanan

Sistem ini menggunakan pipa bertekanan yang memanfaatkan pompa dalam penyaluran air limbah. Metode ini dilakukan apabila penyaluran air limbah secara gravitasi tidak memungkinkan

3. Vakum

Metode ini menggunakan pompa vakum dimana diciptakan suatu kondisi hampa udara pada tempat aliran akan diarahkan.

Berdasarkan ASCE & WPCF (1969) umumnya slope yang digunakan maksimal sebesar 2% tau 2 cm/m (0,02) dengan minimum slope 1 cm/m (0,01). Kecepatan minimum disarankan 0,6 – 0,75 m/s. Kecepatan minimum ini dianggap sudah memenuhi untuk *self cleansing* untuk membawa sedimen atau partikel yang ada di saluran.

Perhitungan dimensi saluran air limbah menggunakan beberapa persamaan berdasarkan Tchobanoglous dkk (1981) sebagai berikut:

- Perhitungan ini berdasarkan pada rumus *Manning*

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A \dots\dots\dots(2.3)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.4)$$

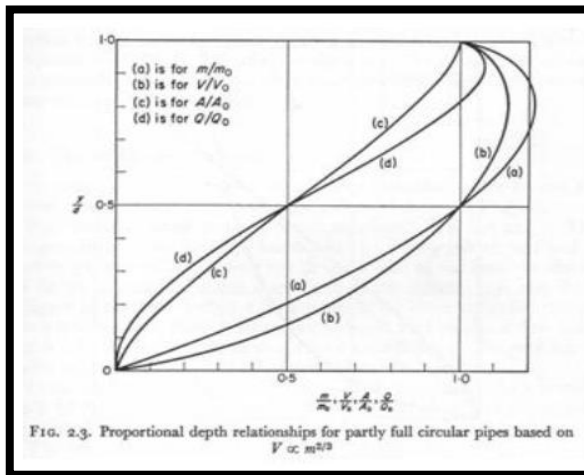
- Persamaan Luas penampang :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

- Persamaan kecepatan penuh :

$$V_{Full} = \frac{1}{n} S^{1/2} 0,397 D^{2/3} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Q = \frac{0,312}{n} D^{8/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.7)$$



Gambar 2. 1 Kurva Hidrolik Pipa Air Buangan
Sumber: Metcalf dan Eddy, 1981

Sistem penyaluran air limbah dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu *conventional sewerage*, *simplified sewerage*, dan *solid-free sewerage* (Tilley dkk, 2008):

1. *Conventional Sewerage*

Conventional Sewerage atau juga bisa disebut *conventional gravity sewerage* adalah jaringan pipa bawah tanah yang menyalurkan pipa dari masing-masing rumah menuju pengolahan terpusat dengan aliran gravitasi dan pompa jika diperlukan. *Conventional sewer* tidak membutuhkan *pre-treatment* di sumber terlebih dahulu (*onsite treatment* /

pengolahan setempat). Karena tidak ada pengolahan di sumber, maka desain sistem ini harus dipastikan telah memenuhi kecepatan minimum untuk *self-cleansing*.

2. *Simplified Sewerage / Shallow Sewer*

Simplified sewerage adalah sistem penyaluran air limbah yang menggunakan diameter pipa kecil, ditanam pada kedalaman yang dangkal dengan kemiringan lebih landai dibandingkan dengan *conventional sewer*. Manhole dapat diganti dengan lubang inspeksi. Sistem ini dipasang dalam satu area atau kawasan sehingga dapat mencakup lebih banyak sambungan. Diameter minimum yang disarankan adalah 100 mm. Kelebihan dari sistem ini antara lain:

- Biayanya lebih murah daripada *conventional sewer*
- Dapat menjangkau lebih banyak penduduk yang belum memiliki sistem sanitasi,
- Dapat dikembangkan dan diadaptasi mengikuti pertumbuhan penduduk atau komunitas tersebut.

Kekurangan dari sistem ini adalah:

- Membutuhkan perencanaan dan konstruksi dari orang yang ahli,
- Perlu dibentuk organisasi atau kepanitiaan untuk memelihara sistem penyaluran ini,
- Membutuhkan perbaikan rutin dan pembersihan sumbatan yang lebih sering daripada sistem konvensional.

Menurut UNCHS Habitat (1986) padatan dalam air limbah tidak akan dapat mengendap pada kecepatan di bawah 0,3 m/detik. Kecepatan minimum yang disarankan untuk *self-cleansing* adalah 0,5 m/detik.

3. *Solid-Free Sewerage / Small Bore Sewerage*

Solid-free sewerage mirip dengan *simplified sewerage* namun dengan pipa dipasang pada *outflow* tangki septik. Dengan adanya pengendapan pada tangki septik maka resiko penyumbatan berkurang, saluran

tidak harus *self-cleaning* (minimum 0,3 - 0,5 m/s) dan dapat ditanam dengan kedalaman dangkal dan mengikuti topografi. Diameter minimal untuk pipa adalah 10 cm. Kelebihan sistem ini adalah

- Cocok untuk daerah dengan kepadatan tinggi yang tidak memiliki area resapan,
- Dapat membawa debit saat terisi penuh maupun setengah penuh,
- Biaya lebih murah dari sistem konvensional karena mengurangi panjang pipa, penggalian lebih dangkal, biaya kebutuhan material lebih rendah

Kekurangan dari sistem ini adalah membutuhkan tenaga ahli dan beberapa material khusus.

2.3.1 Manhole

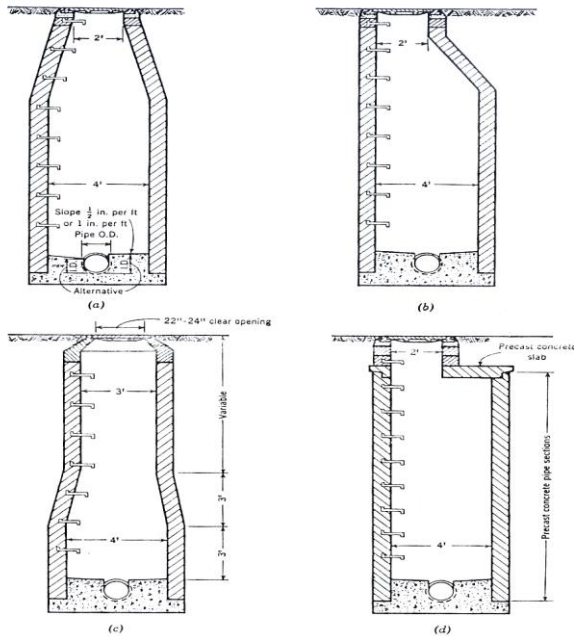
Salah satu bangunan pelengkap untuk saluran air limbah adalah manhole. Manhole umumnya berbentuk lingkaran dengan diameter dalamnya cukup untuk melakukan inspeksi dan pembersihan. Untuk saluran yang kecil, diameter dalam minimum 4 ft (1,2 – 1,25 m) sudah banyak diterapkan. Bukan manhole dengan *cast iron frame* biasanya berukuran 24 inch (60 cm) atau 22 inch (ASCE&WPCF, 1969). Lokasi penempatan manhole antara lain:

1. Pada jalur saluran yang lurus dengan jarak tertentu tergantung diameter saluran.
2. Pada perubahan kemiringan saluran, diameter, perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal
3. Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan dengan pipa atau bangunan lain

Tabel 2. 3 Jarak antar manhole pada jalur lurus

Diameter (mm)	Jarak antar manhole (m)
20 – 50	50 – 75
50 – 75	75 – 125
100 – 150	125 – 150
150 – 200	150 – 200

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013



Gambar 2. 2 Bentuk Manhole
Sumber: ASCE & WPCF, 1969

2.2 Pengolahan Air Limbah

Menurut Tchobanoglous (2014) pengolahan air limbah dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam pengolahan, yaitu fisik, kimia, dan biologi.

2.2.1 Pengolahan Fisik

Pengolahan secara fisik memanfaatkan proses fisik secara alami. Biasanya proses ini dilakukan pada awal proses pengolahan. Proses pengolahan secara fisik meliputi screening, sedimentasi, flokulasi, flotasi, filtrasi, dan adsorpsi.

2.2.2 Pengolahan Kimia

Pengolahan secara kimia menggunakan penambahan zat-zat kimia maupun reaksi kimia untuk menyisihkan polutan.

Pengolahan secara kimia yang umum digunakan antara lain presipitasi, transfer gas, adsorpsi dan desinfeksi.

2.2.3 Pengolahan Biologis

Pengolahan air limbah secara biologis mengolah air limbah dengan bantuan aktivitas biologis. Pengolahan biologis digunakan untuk menyisihkan patikel koloid dan senyawa organik terlarut yang ada dalam air limbah. Berdasarkan kebutuhan oksigen, pengolahan biologis dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu pengolahan secara aerobik dan pengolahan secara anaerobik.

a. Pengolahan Secara Aerobik

Pengolahan secara aerobik sangat bergantung pada mikroorganisme, sehingga harus menyesuaikan dengan kebutuhan oksigen (Tchobanoglous, 2014). Pada kondisi aerob mikroorganisme mengambil oksigen dari udara dan makanan dari bahan organik. Bahan organik tersebut dikonversi menjadi produk metabolisme biologi berupa CO_2 , H_2O , dan energi (Fitria, 2008). Teknologi pengolahan aerobik yang sering diterapkan adalah sistem lumpur aktif Karena memiliki efisiensi penyisihan tinggi dan kemudahan dalam operasionalnya (Kassab dkk, 2010).

b. Pengolahan Secara Anaerobik

Pengolahan secara anaerobic ini memanfaatkan kondisi tanpa oksigen sehingga cocok untuk mengolah air limbah dengan beban yang besar. Keuntungan dari pengolahan secara anaerobic sebagai alternative pengolahan antara lain kemudahan konstruksinya, mudah dioperasikan dengan biaya efisien, produksi lumpur kecil, dapat menghasilkan energi dalam bentuk biogas dan dapat diaplikasikan dalam skala besar maupun kecil (Kassab dkk, 2010).

2.3 Sistem Pengolahan Air Limbah Komunal

Sistem pengolahan air limbah komunal dapat melayani lebih dari 1 rumah hingga 100 rumah lebih (US EPA, 2004). Sistem komunal masih membutuhkan perpipaan, namun lebih pendek dari sistem pengolahan terpusat. Sistem pengolahan air limbah komunal cocok diterapkan di daerah padat penduduk (Massoud, 2009). Sistem ini merupakan gabungan dari sistem individu sehingga tetap akan menghasilkan lumpur. Perlu adanya antisipasi

terhadap akumulasi lumpur dan pengurasan lumpur secara periodik (Iskandar dkk, 2016).

2.4 Anaerobic Baffle Reactor (ABR)

Bangunan *Anaerobic Baffled Reactor* merupakan tangki septik yang telah dikembangkan dengan adanya sekat-sekat untuk air limbah mengalir. *Settleable solid* umumnya akan tersisihkan pada sedimentation chamber di awal dengan tipikal removal 50% dari total volume. *Upflow chamber* membantu meningkatkan penyisihan zat organik, untuk penyisihan BOD mencapai lebih dari 90% (Tilley dkk, 2014).

ABR cocok diterapkan pada lingkungan kecil dan juga dapat mengolah berbagai jenis air limbah dengan konsentrasi BOD >150 mg/L. Kelebihan ABR adalah sebagai berikut:

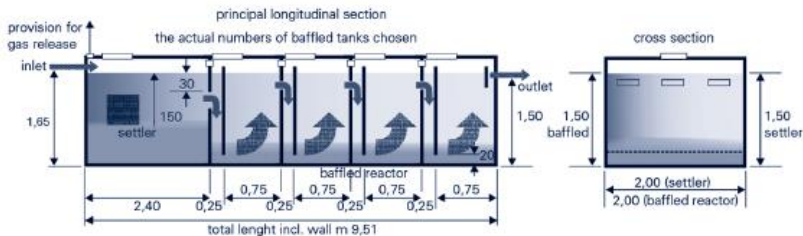
- Tahan terhadap *hydraulic* dan *organic shock loading*
- Efisiensi pengolahan tinggi
- Biaya operasional rendah
- Waktu pelayanan lama
- Produksi lumpur rendah dan stabil
- Tidak membutuhkan lahan besar

Kekurangan ABR adalah sebagai berikut:

- Penurunan zat pathogen dan nutrient rendah
- Membutuhkan seorang ahli untuk merancang konstruksinya
- Efluen dan lumpur masih memerlukan pengolahan tambahan dan/atau pembuangan yang tepat

(Tilley dkk, 2014)

Contoh gambar ABR dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 3 Anaerobic Baffled Reactor

Sumber: Gutterer dkk, 2009

Berdasarkan Sasse (1998), yang dibutuhkan dalam perhitungan dasar untuk merancang ABR adalah debit, debit puncak, dan beban polutan. Parameter untuk merancang *baffled reactor* adalah *hydraulic retention time* (HRT), periode pengurasan lumpur dan *up-flow velocity*. Untuk mendapat effluen yang diinginkan, lebih baik apabila ditambahkan kompartemen daripada memperbesar volume. Namun, efisiensi pengolahan tidak meningkat jika lebih dari 6 kompartemen. Dalam menghitung, dibutuhkan beberapa kurva yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 hingga 2.4

Kriteria desain ABR (Gutterer dkk, 2009; Tchobanoglous dkk, 2003):

- Removal COD = 65%- 90%
- Removal BOD = 70% - 95%
- *Hydraulic Retention Time* (HRT) = 6 – 24 jam
- Kecepatan aliran (V_{up}) = <1,0 m/jam
- Jumlah ruang = 3 – 6

Dalam Sasse (1998) telah disediakan *spreadsheet* untuk perhitungan ABR. Perhitungan ini terbagi menjadi 4 bagian, yaitu perhitungan umum dengan *integrated settler*, data pengolahan dimensi *settler* dan dimensi ABR.

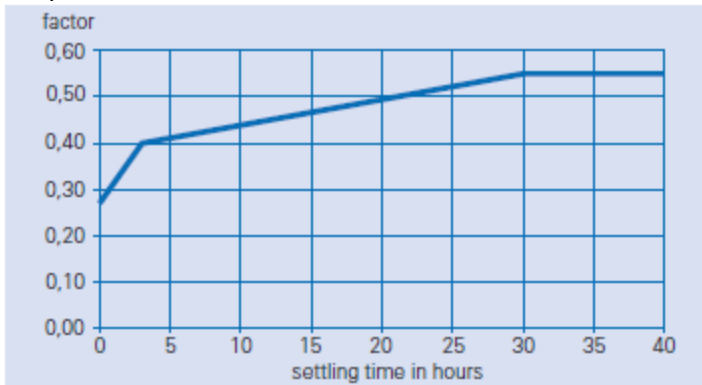
1. Perhitungan umum dengan *integrated settler*

Pada bagian ini dimasukkan angka debit air limbah harian (Cell A5) dan waktu saat debit mengalir paling banyak (Cell B5). Untuk mendapat debit puncak maksimum per jam dilakukan pembagian antara debit limbah dan waktu pengaliran limbahnya ($C5 = A5/B5$). Kemudian data COD dan BOD *inflow* (cell D5 dan E5) dimasukkan dan dihitung COD/BOD rasionya ($F5 = D5/E5$).

Untuk rasio *settleable solid/COD*, suhu, interval pengurasan lumpur, dan HRT pada *settler* ditetapkan. Dari data-data tersebut maka dapat dihitung *COD removal rate* pada *settler* (cell K5) dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika $HRT_{settler} < 1$
 $COD\ removal\ rate\ in\ settler = (rasio\ SS/COD) / 0,6 \times (HRT_{settler} \times 0,3)$
- Jika $HRT_{settler} < 3$
 $COD\ removal\ rate\ in\ settler = (rasio\ SS/COD) / 0,6 \times [(HRT_{settler} - 1) \times 0,1/2 + 0,3]$
- Jika $HRT_{settler} < 30$
 $COD\ removal\ rate\ in\ settler = (rasio\ SS/COD) / 0,6 \times [(HRT_{settler} - 3) \times 0,15/27 + 0,4]$
- Di luar angka tersebut maka,
 $COD\ removal\ rate\ in\ settler = (rasio\ SS/COD) / 0,6 \times 0,55$

Angka 0,6 didapatkan berdasarkan pengamatan di lapangan. Grafik yang berhubungan dengan *COD removal* pada *settler* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 4 Grafik *COD removal* pada *settler*
 Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

2. Data pengolahan

Untuk mendapatkan *BOD removal rate* pada *settler* (cell A11), maka dihitung dengan perkalian antara *COD removal rate in settler* (cell K5) dan *COD/BOD removal factor* (cell A12) yang telah ditetapkan.

$$\text{BOD removal rate in settler} = \text{COD removal rate in settler} \times \text{COD/BOD removal factor}$$

Cell B11 dan C11 merupakan konsentrasi COD dan BOD yang masuk ke *baffled reactor*. Untuk mendapatkan konsentrasi COD dan BOD yang masuk ke dalam *baffled reactor* dihitung sebagai berikut

$$\text{COD input baffled reactor} = \text{COD inflow} \times (1 - \text{COD removal rate in settler})$$

$$\text{BOD input baffled reactor} = \text{BOD inflow} \times (1 - \text{BOD removal rate in settler})$$

$$\text{COD/BOD ratio after settler} = \frac{\text{COD input baffled reactor}}{\text{BOD input baffled reactor}}$$

Cell E11 hingga H11 merupakan faktor yang mempengaruhi COD *removal rate* pada ABR, yaitu *f-overload*, *f-strength*, *f-temperature*, dan *f-HRT%*. Keempat factor tersebut tersebut dihitung berdasarkan grafik.

a. Perhitungan *f-overload*

Jika *organic loading* (cell J23) < 8

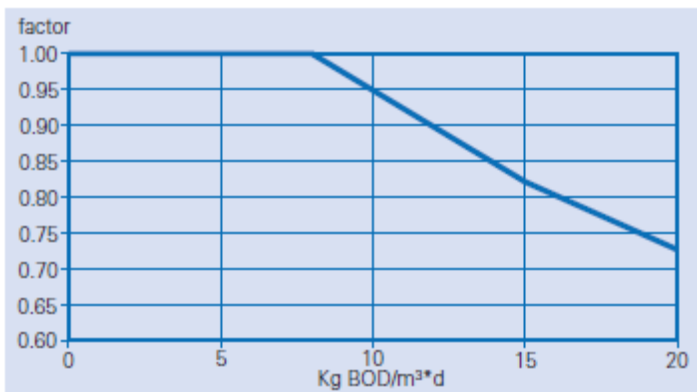
$$f\text{-overload} = 1$$

Jika *organic loading* (cell J23) < 15

$$f\text{-overload} = 1 - (\text{BOD5} - 8) \times 0,18 / 7$$

Di luar angka tersebut maka *f-overload* = 0,82 – (BOD5 – 15) x 0,9 / 5

Grafik yang menunjukkan BOD *removal* yang dipengaruhi *organic overloading* pada *baffled reactor* dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2. 5 Hubungan BOD *Removal* dengan *organic overloading*

Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

b. Perhitungan *f-strength*

Jika COD <2000 mg/L maka,

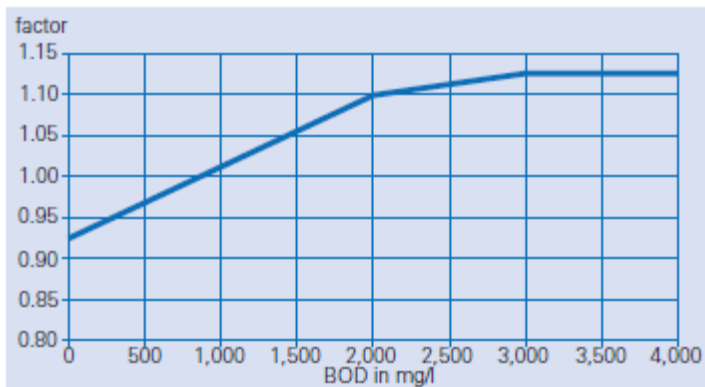
$$f\text{-strength} = \text{COD inflow} \times 0,17 / 2000 + 0,87$$

Jika COD <3000 mg/L maka,

$$f\text{-strength} = (\text{COD inflow} - 2000) \times 0,02 / 1000 + 1,04$$

Di luar angka tersebut maka *f-strength* adalah 1,06

Grafik yang menunjukkan BOD *removal* yang dipengaruhi kekuatan atau beban air limbah pada *baffled reactor* dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 6 Hubungan BOD *Removal* dengan beban air limbah

Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

c. Perhitungan *f-temperature*

Jika suhu < 20 °C, maka

$$f\text{-temperature} = (\text{suhu} - 10) \times 0,39 / 20 + 0,47$$

Jika suhu < 25 °C, maka

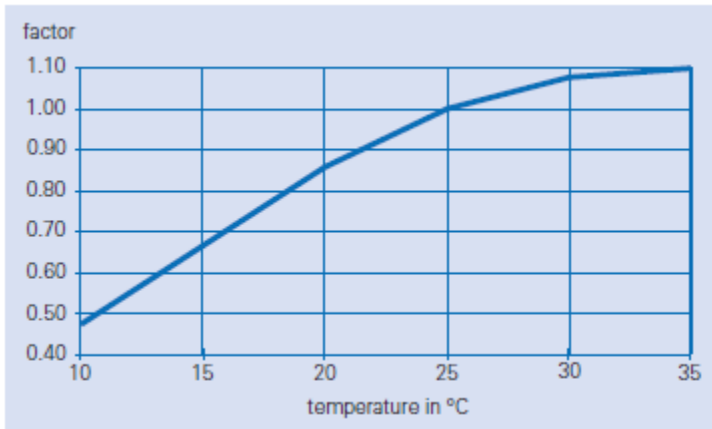
$$f\text{-temperature} = (\text{suhu} - 20) \times 0,14 / 5 + 0,86$$

Jika suhu < 30 °C, maka

$$f\text{-temperature} = (\text{suhu} - 25) \times 0,08 / 5 + 1$$

Di luar angka tersebut maka *f-temperature* adalah 1,1

Grafik yang menunjukkan COD *removal* yang dipengaruhi suhu pada reaktor anaerob dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2. 7 Hubungan COD *removal* dengan suhu pada reaktor anaerob

Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

d. Perhitungan f-HRT

Jika HRT (cell I23) < 5

$$f\text{-HRT} = \text{HRT} \times 0,51/5$$

Jika HRT (cell I23) < 10

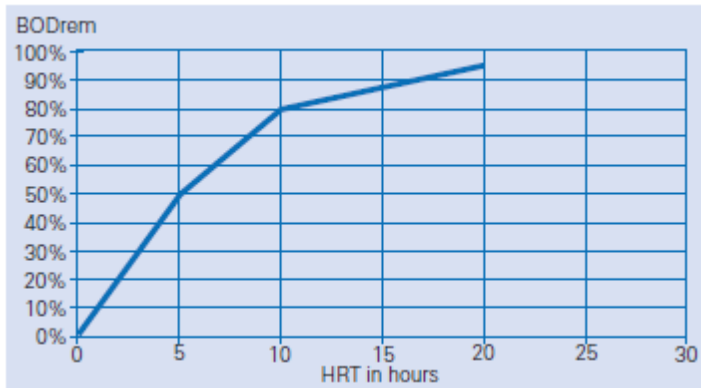
$$f\text{-HRT} = (\text{HRT} - 5) \times 0,31/5 + 0,51$$

Jika HRT (cell I23) < 20

$$f\text{-HRT} = (\text{HRT} - 10) \times 0,13/10 + 0,82$$

Di luar angka tersebut maka f-HRT adalah 0,95

Grafik yang menunjukkan BOD *removal* yang dipengaruhi HRT dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2. 8 Hubungan BOD *removal* dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT) pada ABR

Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

Setelah diketahui 4 faktor tersebut, dapat dihitung persentase *removal* teoritis (cell I11) dengan rumus sebagai berikut:

$\text{Removal teoritis} = f\text{-overload} \times f\text{-strength} \times f\text{-temp} \times f\text{-HRT}$
 Cell J11 merupakan persentase COD *removal* pada *baffle*. Perhitungan ini menunjukkan efisiensi pengolahan dapat dinaikkan dengan penambahan jumlah kompartemen dan efisiensi pengolahan terbatas hingga 98%. Perhitungan COD *removal* pada *baffle* dapat dilihat pada perhitungan berikut:

- Jika jumlah kompartemen (cell J17) < 7
 $\text{COD removal} = \text{Removal teoritis} \times (\text{jumlah kompartemen} \times 0,04 + 0,82)$
- Di luar angka tersebut maka COD *removal* = removal teoritis $\times 0,98$

Dari hasil perhitungan di atas, dapat diketahui COD yang keluar dari *baffle* dengan perhitungan berikut ini

$$\text{COD out} = (1 - \text{COD removal pada baffle}) \times \text{COD input baffled reactor}$$

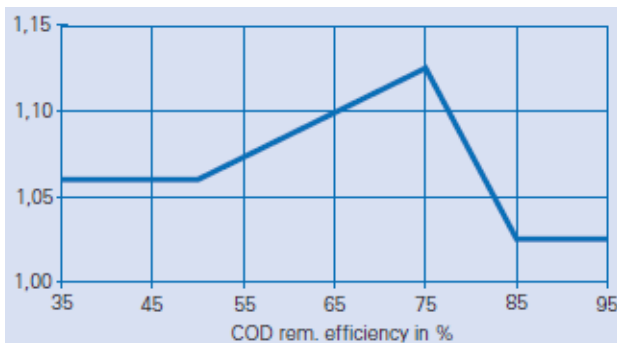
Cell A12 menunjukkan COD/BOD *removal factor* yang nilainya dapat diketahui dengan ketentuan berikut ini:

- Jika COD removal rate in (K5) < 0,5 maka COD/BOD removal factor adalah 1,06
- Jika COD removal rate in settler (K5) < 0,75 maka COD/BOD removal factor = (COD removal rate in settler – 0,5) x 0,065/0,25 + 1,06
- Jika COD removal rate in settler (K5) < 0,85 maka COD/BOD removal factor = 1,125 - (COD removal rate in settler – 0,75) x 0,1/0,1
- Di luar angka tersebut maka COD/BOD removal factor adalah 1,025

Cell K12 juga menunjukkan COD/BOD removal factor yang berhubungan dengan removal total COD. Nilainya dapat diketahui dengan ketentuan berikut ini:

- Jika total COD removal rate (A17) < 0,5 maka COD/BOD removal factor adalah 1,06
- Jika total COD removal rate (A17) < 0,75 maka COD/BOD removal factor = (total COD removal rate – 0,5) x 0,065/0,25 + 1,06
- Jika total COD removal rate (A17) < 0,85 maka COD/BOD removal factor = 1,125 - (total COD removal rate – 0,75) x 0,1/0,1
- Di luar angka tersebut maka COD/BOD removal factor adalah 1,025

Hubungan COD/BOD removal factor dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2. 9 Hubungan COD *removal* dengan beban limbah pada anaerob

Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

3. Dimensi *settler*

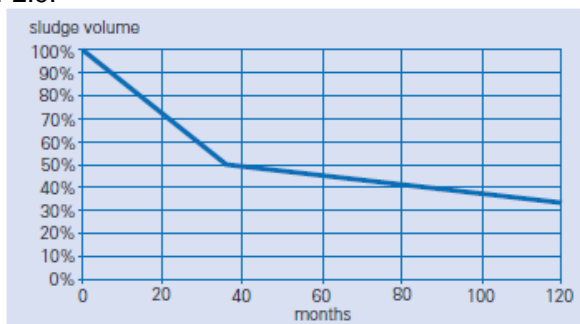
Perhitungan yang dibutuhkan dalam menghitung dimensi *settler*:

- *Total COD removal rate* (cell A17) = $1 - \text{COD out/COD inflow}$
- *Total BOD removal rate* (cell B17) = *Total COD removal rate* x COD/BOD *removal factor* (cell K12)
- BOD out (cell C17) = $(1 - \text{Total BOD removal rate}) \times \text{BOD inflow}$

Perhitungan untuk laju akumulasi lumpur (cell F17) yang terbentuk dapat diketahui dengan perhitungan ini:

- Jika interval pengurasan lumpur (cell I5) <36 bulan, maka laju akumulasi lumpur = $0,005 \times (1 - \text{interval pengurasan}) \times 0,014$
- Jika interval pengurasan lumpur (cell I5) <120 bulan, maka laju akumulasi lumpur = $0,005 \times 0,5 - (\text{interval pengurasan} - 36) \times 0,002$
- Di luar angka tersebut maka laju akumulasi lumpur = $0,005 \times 1/3$

Rumus tersebut menunjukkan apabila volume lumpur kurang dari setengah volume total, *settler* dapat dihilangkan. Untuk mengetahui penurunan laju akumulasi lumpur dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 10 Grafik penurunan produksi lumpur

Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

4. Dimensi ABR

Yang perlu diperhatikan dalam perhitungan dimensi ABR antara lain panjang kompartemen tidak lebih dari setengah kedalaman, sehingga rumus untuk cell A23 adalah

Panjang kompartemen = Kedalaman outlet (cell K17) x 0,5

Luas permukaan satu kompartemen dapat diketahui dengan perkalian antara debit puncak maksimum per jam (cell C5) dengan *maximum upflow velocity* yang dipilih (cell I17).

- Luas permukaan kompartemen = debit maksimum per jam x *maximum upflow velocity*
- Lebar kompartemen = Luas permukaan kompartemen / Panjang kompartemen
- Pengecekan *upflow velocity* = debit maksimum per jam / (panjang / lebar kompartemen)
- Volume *baffled reactor* = (lebar *downflow shaft* + panjang) x jumlah kompartemen x kedalaman outlet
- Pengecekan HRT = Volume *baffled reactor* / (debit harian / 24) / 105%
- *Organic loading* = (COD input *baffled reactor* x debit puncak x 24) / Volume / 1000

Perhitungan untuk biogas yang terbentuk dari tiap kg COD yang tersisihkan

- Produksi Biogas = (COD inflow – COD removal rate in settler) x debit harian x 0,35 / 1000 / 0,7 x 0,5

2.5 Anaerobic Filter

Menurut Gutterer dkk (2009) *anaerobic filter* disebut juga *fixed bed* atau *fixed-film reactor* memiliki prinsip kerja tidak hanya sedimentasi dan *sludge digestion* saja. Terdapat pengolahan non settleable dan dissolved solid dengan cara kontak dengan mikroba aktif. Adanya filter akan membentuk luas permukaan yang lebih bagi bakteri untuk mengendap dengan cara melewatkan air limbah melalui material filter. Semakin luas permukaan untuk pertumbuhan mikroba akan mempercepat pula proses digesting. Contoh material untuk filter adalah kerikil, batu, bara, atau plastic

yang dibentuk khusus. Material filter yang bagus mampu menyediakan luas permukaan $90 - 300 \text{ m}^2/\text{m}^3$ volume reactor.

Kelebihan *Anaerobic Filter* (AF) adalah sebagai berikut:

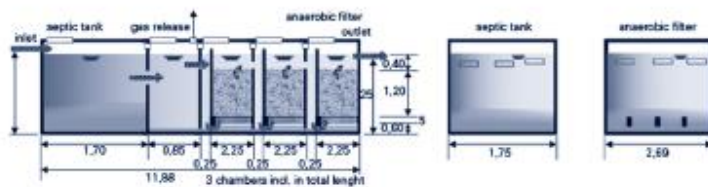
- Tidak perlu energy listrik
- Umur pelayanannya panjang
- Pembangunan dan perbaikan dapat menggunakan material lokal

Kekurangan *Anaerobic Filter* (AF) adalah sebagai berikut:

- Pengurangan rendah terhadap bakteri pathogen, padatan dan zat organik
- Efluen dan lumpur tinja masih perlu pengolahan sekunder dan/atau pembuangan yang cocok

(Morel dan Diener, 2006)

Contoh desain *Anaerobic Filter* dapat dilihat pada Gambar 2.5

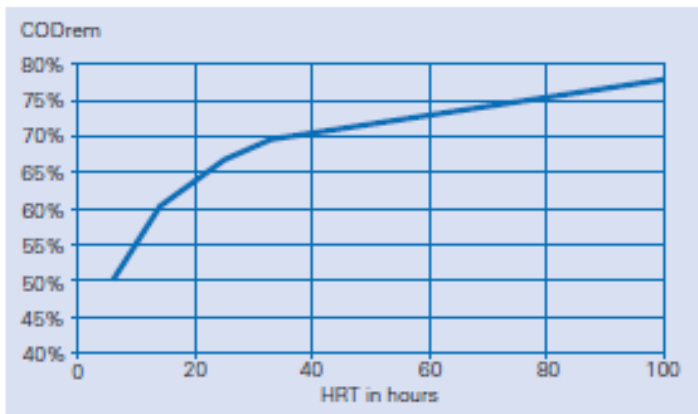


Gambar 2. 11 Anaerobic Filter

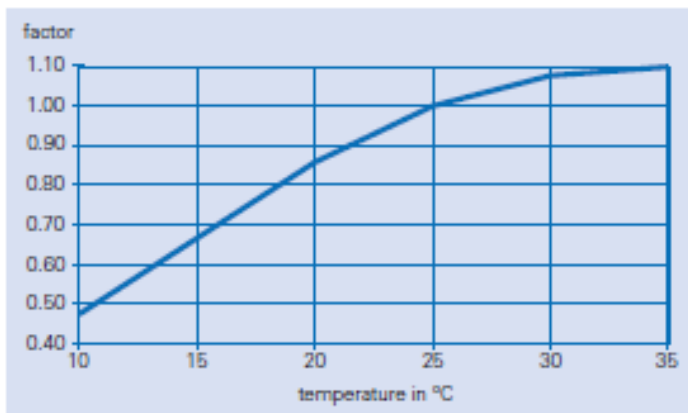
Sumber: Gutterer dkk, 2009

Kriteria desain unit *Anaerobic Filter* (Sasse, 1998):

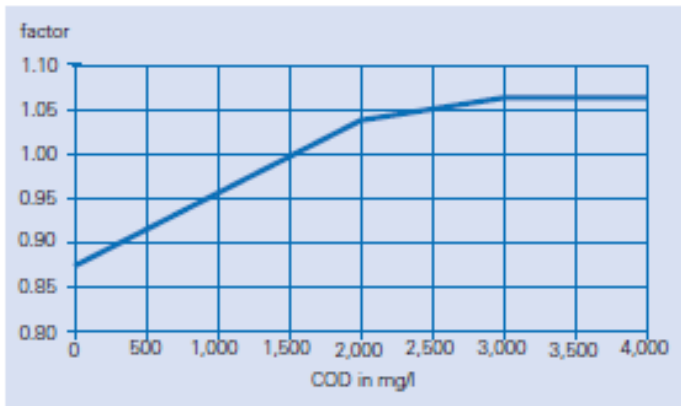
- Luas permukaan media = $90 - 300 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Removal BOD = $70 - 90\%$
- *Organic loading* = $4 - 5 \text{ kg COD}/\text{m}^3.\text{hari}$
- *Hydraulic retention time* = $1,5 - 2 \text{ hari}$



Gambar 2. 12 Hubungan COD *Removal* dengan HRT pada *Anaerobic Filter*
 Sumber: Gutterer dkk, 2009



Gambar 2. 13 Hubungan COD *Removal* dengan suhu pada *anaerobic reactor*
 Sumber: Gutterer dkk, 2009



Gambar 2. 14 Hubungan COD *Removal* dengan beban limbah pada *anaerobic filter*
Sumber: Gutterer dkk, 2009

BAB 3

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1 Profil Wilayah

Kecamatan Semarang Barat terdiri dari 16 kelurahan. Wilayah studi yang dipilih adalah 5 kelurahan, yaitu Kelurahan Karangayu, Krobokan, Salamanmloyo, Cabean, dan Bojong Salaman. Kelima kelurahan tersebut dipilih karena merupakan kelurahan dengan pemukiman padat. Pada wilayah tersebut akan dilayani dalam perencanaan SPAL dan juga akan disediakan unit bangunan IPAL Komunal untuk kawasan pemukimannya. Batas-batas daerah perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Sebelah Utara : Kelurahan Tawangmas
2. Sebelah Selatan : Kelurahan Bongsari dan Kelurahan Ngemplak simongan
3. Sebelah Timur : Kecamatan Semarang Tengah dan Kecamatan Semarang Selatan
4. Sebelah Barat : Kelurahan Gisikdrono

Peta daerah perencanaan dilihat dari citra satelit *Google Earth*, dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut



Gambar 3. 1 Peta Daerah Perencanaan

Sumber: Citra satelit Google Earth

Sebagian besar wilayah perencanaan merupakan dataran dengan elevasi datar. Untuk kelurahan Salamanmloyo dan Bojongsalaman, memiliki area yang elevasinya lebih tinggi dari area lainnya.

3.2 Kependudukan

Jumlah penduduk yang tinggal di Kelurahan Karangayu, Krobokan, Salamanmloyo, Cabean, dan Bojongsalaman berjumlah 40.048 jiwa. Total luas daerah adalah 2,79 km². Data rinci mengenai jumlah penduduk, KK, luas wilayah, dan kepadatan dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk, KK dan Luas Wilayah

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah KK	Luas Wilayah (km ²)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)
1	Bojongsalaman	9084	2257	0,5	18168

2	Cabean	2988	1116	0,27	11067
3	Salamanmloyo	3736	908	0,54	6918
4	Karangayu	8996	1882	0,66	13631
5	Krobokan	15604	5147	0,82	19030

Sumber: Profil Kelurahan, 2016

Jenis rumah penduduk sebagian besar adalah rumah permanen dan sebagian lainnya adalah rumah semi permanen, kayu/papan dan lainnya. Jumlah rumah penduduk permanen sebanyak 5651 rumah, semi permanen 1675 rumah, kayu/papan dan lainnya 1245 rumah. Rincian jumlah rumah penduduk menurut jenisnya dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3. 2 Jumlah Rumah Penduduk Berdasarkan Jenisnya

No.	Kelurahan	Jenis Rumah Penduduk		
		Permanen	Semi Permanen	Kayu/ Papan Lainnya
1	Bojongsalaman	1149	238	98
2	Cabean	354	187	307
3	Salamanmloyo	694	305	347
4	Karangayu	1194	264	101
5	Krobokan	2260	681	392
Jumlah		5651	1675	1245

Sumber: Kecamatan Semarang Barat Dalam Angka 2016

3.3 Kondisi Eksisting

Kondisi jalan sebagian beraspal dan sebagian lainnya adalah paving. Lebar jalan yang ada di kawasan pemukiman $\pm 4 - 8$ meter. Gambaran kondisi jalan dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Kondisi jalan di Kelurahan Karangayu

Kondisi saluran drainase serta sungai yang ada di sekitar wilayah berwarna keruh kehitaman. Gambar hasil pengamatan lapangan dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3. 3 Kondisi salah satu saluran buangan di Kelurahan Karangayu



Gambar 3. 4 Salah satu saluran buangan di Kelurahan Krobokan

3.4 Lokasi Wilayah Perencanaan

Wilayah perencanaan pada tugas akhir ini mencakup area pemukiman di Kelurahan Karangayu, Krobokan, Salamanmloyo, Cabean, dan Bojongsalaman, Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang. Gambar 3.6 menunjukkan alternative lokasi lahan untuk pembangunan IPAL.

Untuk lokasi unit pengolahan air limbah domestik dapat memanfaatkan lahan kosong atau di jalan pemukiman. Lahan yang kemungkinan dapat dimanfaatkan dapat dilihat pada Gambar 3.7 sampai 3.9



Gambar 3. 5 Alternatif Lokasi di Kelurahan Karangayu



Gambar 3. 6 Alternatif Lokasi di Kelurahan Salamanmloyo



Gambar 3. 7 Alternatif Lokasi di Kelurahan Krobokan



Gambar 3. 8 Alternatif Lokasi di Kelurahan Bojongsalaman

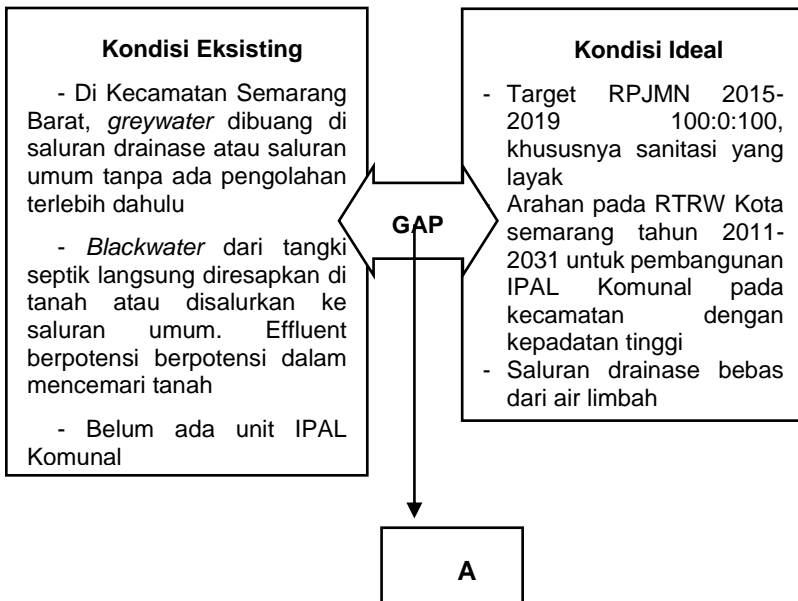
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

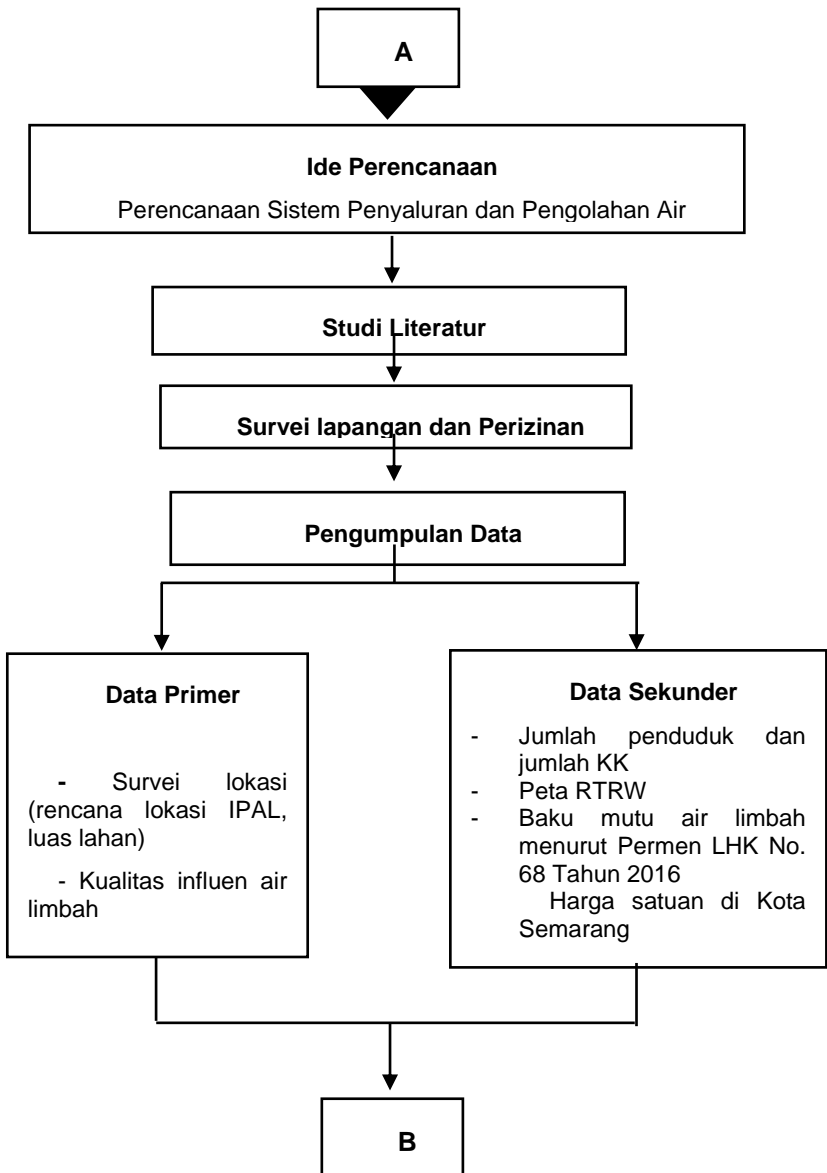
BAB 4

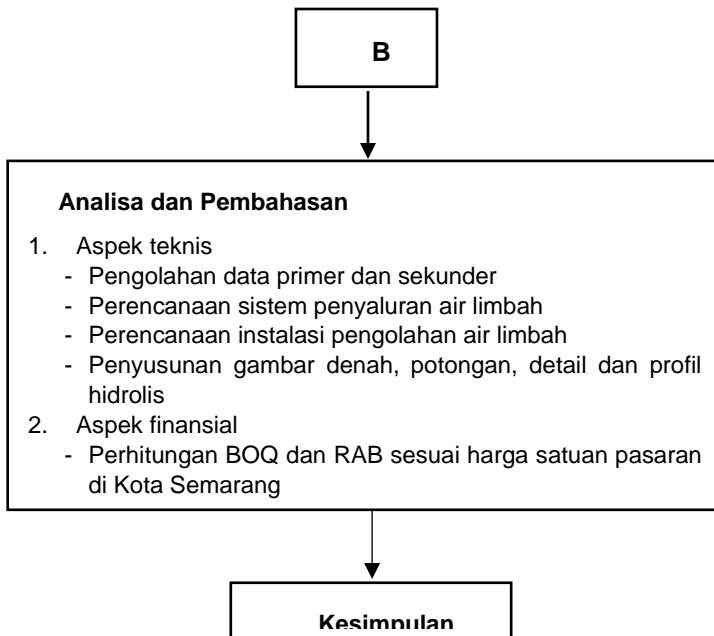
METODE PERENCANAAN

4.1 Kerangka Perencanaan

Perencanaan berjudul “Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang” ini bertujuan untuk menghasilkan dokumen perencanaan mengenai sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah domestik. Dalam melakukan perencanaan, dibutuhkan data-data baik primer maupun sekunder. Dari data yang didapatkan, akan dibuat analisa pembahasan yang meliputi perhitungan debit limbah, jalur perpipaan air limbah, penentuan teknologi pengolahan yang tepat dan perhitungan *detail engineering design* instalasi pengolahan air limbah serta BOQ dan RAB. Kerangka perencanaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 4.1







Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan Tugas Akhir

4.2 Tahapan Perencanaan

Berdasarkan kerangka perencanaan di atas, berikut adalah tahapan perencanaannya secara lengkap:

1. Ide Perencanaan

Ide perencanaan ini didapatkan dari kondisi eksisting pengolahan air limbah di Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang. *Greywater* dibuang ke saluran drainase dan sisanya diresapkan ke tanah tanpa ada pengolahan terlebih dahulu. Efluen dari tangki septik juga masih langsung diresapkan ke tanah atau dibuang ke saluran, hal ini beresiko mencemari air tanah di kemudian hari.

Untuk mendukung target pemerintah tahun 2019 pada Rencana Pembangunan jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015 -2019 tentang 100:0:100 mengenai sanitasi yang layak, maka diperlukan sistem pengolahan air limbah domestik

yang meliputi sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah. Selain itu, mengacu pada Peraturan daerah Kota Semarang Nomor 14 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) tahun 2011-2031, arahan pembangunan IPAL komunal untuk kecamatan Semarang Barat karena memiliki kepadatan tinggi. Oleh karena itu, didapatkan ide perencanaan "Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang". Air limbah domestik yang akan diolah adalah *greywater* dan efluen dari tangki septik. Pengolahan direncanakan menggunakan *anaerobic baffled reactor*.

2. Studi Literatur

Studi literatur pada tahapan ini dibutuhkan sebagai landasan teori dalam melakukan perencanaan. Studi literature didapatkan dari jurnal, *textbook* / *handbook*, undang-undang maupun peraturan pemerintah yang berlaku dan laporan. Studi literature yang digunakan pada tugas akhir ini antara lain:

- Karakteristik dan baku mutu air limbah domestic
- Pengolahan Air Limbah
- Sistem penyaluran air limbah
- Sistem Pengolahan Air Limbah Komunal
- *Anaerobic Baffled Reactor*
- *Anaerobic Filter*

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibutuhkan dalam perencanaan ini. Data yang dibutuhkan dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data- data tersebut antara lain:

a. Data Primer

- Survei Lokasi

Survei lokasi dibutuhkan untuk melihat langsung kondisi yang ada di lapangan, berupa rencana lokasi penempatan IPAL, luas lahan dan kondisi jalan

- Kualitas Influen Air Limbah

Kualitas influen air limbah didapatkan dengan mengambil sampel dengan cara *random sampling* pada saluran air buangan pemukiman, Sampel

kemudian diuji sesuai dengan parameter BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak. Parameter ini sesuai dengan parameter baku mutu air limbah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 tahun 2016

b. Data Sekunder

- Rekening air pelanggan PDAM
- Jumlah penduduk
- Peta RTRW
- Baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik
- Harga satuan di Kota Semarang

4. Analisa dan Pembahasan

Pada bagian ini dibahas mengenai dua aspek yaitu, aspek teknis dan finansial. Pembahasan aspek teknis meliputi pengolahan data primer dan sekunder, perencanaan sistem penyaluran air limbah dan perencanaan instalasi pengolahan air limbah yang digunakan beserta penyusunan gambar jalur SPAL, denah, potongan, detail dan profil hidrolis. Untuk aspek biaya meliputi perhitungan BOQ dan RAB yang disesuaikan dengan harga satuan pasar di Kota Semarang.

5. Kesimpulan

Kesimpulan pada tugas akhir diperoleh dari hasil analisa dan pembahasan yang merupakan tujuan dari perencanaan, yaitu perencanaan sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah domestik yang sesuai di Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang serta rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan, operasi dan pemeliharaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

5.1 Perhitungan Debit Air Limbah

- Rata-rata pemakaian air bersih 1 KK = 21,67 m³/bulan

$$= 0,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 722,2 \text{ L/hari}$$

- Pemakaian air bersih per orang = 722,2 L/hari / 4 orang

= 180,6 L/orang/hari

- Debit air limbah = $80\% \times 180,6 \text{ L/orang/hari}$

= 144,5 L/orang/hari

5.2 Preliminary Sizing dan Penetapan Cluster

Sebelum menghitung perencanaan yang lebih detail perlu diketahui debit pengolahan keseluruhan yang akan masuk ke sistem. Kemudian dapat diketahui kebutuhan luas lahan dan dimensi unit instalasi pengolahan yang diperlukan. Tahap ini disebut sebagai tahap *preliminary sizing*. Debit air limbah dari tiap kelurahan adalah sebagai berikut:

Kelurahan Salaman Mloyo	= 3624 jiwa x 144,5 L/orang/hari = 523.668 L/hari = 523,67 m ³ /hari
Kelurahan Karangayu	= 8996 jiwa x 144,5 L/orang/hari = 1.299.922 L/hari = 1,299,93 m ³ /hari
Kelurahan Krobokan	= 15604 jiwa x 144,5 L/orang/hari = 2.254.778 L/hari = 2.254,78 m ³ /hari
Kelurahan Bojongsalaman	= 9084 jiwa x 144,5 L/orang/hari = 1.312.638 L/hari = 1.312,64 m ³ /hari
Kelurahan Cabean	= 2988 jiwa x 144,5 L/orang/hari = 431.766 L/hari = 431,77 m ³ /hari
Total debit	= 5822,79 m ³ /hari

Dengan debit keseluruhan tersebut diperhitungkan kebutuhan luas unit instalasi pengolahan air limbah. Unit instalasi direncanakan menggunakan unit kombinasi *anaerobic baffled reactor* (ABR) dan *anaerobic filter* (AF). Penjelasan lebih lanjut mengenai alasan pemilihan unit dapat dilihat pada subbab 5.4. Perhitungan *preliminary sizing* adalah sebagai berikut:

1. *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)

Bak Pengendap

Q	= 5822,79 m ³ /hari = 0,067 m ³ /detik
Td	= 2 jam
Volume	= Q x td = 0,067 m ³ /detik x 2 jam x 3600 detik = 485,23 m ³

$$\begin{aligned}
 H_{\text{air}} &= 3 \text{ m} \\
 A_s &= \text{Volume} / H_{\text{air}} \\
 &= 485,23 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 161,74 \text{ m}^2 \\
 P:L &= 2:1 \\
 L &= \sqrt{\frac{A_s}{2}} \\
 &= \sqrt{\frac{161,74}{2}} \\
 &= 9 \text{ m} \\
 P &= 18 \text{ m} \\
 \text{Luas lahan} &= P \times L \\
 &= 18 \text{ m} \times 9 \text{ m} \\
 &= 162 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Baffled Reactor

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,067 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{HRT} &= 6 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= 0,067 \text{ m}^3/\text{detik} \times 6 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \\
 &= 1447,2 \text{ m}^3 \\
 P_{\text{upflow chamber}} &= 0,5 \times H \\
 &= 0,5 \times 3 \text{ m} \\
 &= 1,5 \text{ m} \\
 P_{\text{downflow chamber}} &= 0,25 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 9 \text{ m} \\
 A_s &= \text{Volume ABR} / H \\
 &= 1447,2 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 482,4 \text{ m}^2 \\
 \text{Vol.kompartemen} &= P \times L \times H \\
 &= (1,5+0,25) \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\
 &= 47,25 \text{ m}^3 \\
 N_{\text{kompartemen}} &= \text{Volume ABR} / \text{Volume kompartemen} \\
 &= 1447,2 \text{ m}^3 / 47,25 \text{ m}^3 \\
 &= 30,63 \approx 31 \text{ kompartemen} \\
 \text{Luas lahan} &= P \times L \times N_{\text{kompartemen}} \\
 &= (1,5+0,25) \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 31 \text{ kompartemen} \\
 &= 488,25 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2. *Anaerobic Filter* (AF)

$$Q = 5822,79 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,067 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{HRT} &= 1,5\text{hari} = 36 \text{ jam} \\
 \text{Volume} &= 5822,79 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,5\text{hari} \\
 &= 8734,19 \text{ m}^3 \\
 H &= 3 \text{ m} \\
 As &= \text{Volume} / H \\
 &= 8734,19 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 2911,4 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= 9 \text{ m} \\
 P_{\text{upflow chamber}} &= 0,5 \times H \\
 &= 0,5 \times 3 \text{ m} \\
 &= 1,5 \text{ m} \\
 P_{\text{downflow chamber}} &= 0,25 \text{ m} \\
 N_{\text{kompartemen}} &= \text{Volume AF} / (AS \times H) \\
 &= 8734,19 \text{ m}^3 / (2911,4 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m}) \\
 &= 1 \text{ kompartemen} \\
 \text{Luas lahan} &= P \times L \times N_{\text{kompartemen}} \\
 &= (1,5+0,25) \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 1 \text{ kompartemen} \\
 &= 15,75 \text{ m}^2 \\
 \text{Total luas lahan} &= 162 \text{ m}^2 + 488,25 \text{ m}^2 + 15,75 \text{ m}^2 \\
 &= 666 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *preliminary sizing*, dapat dilihat bahwa total kebutuhan lahan keseluruhan adalah 666 m². Lahan yang dibutuhkan sangat besar untuk mengolah air limbah pada satu unit IPAL dan kebutuhan kompartemen baffled reactor mencapai 31 buah. Berdasarkan Sasse (1998), pengolahan dengan *anaerobic baffled reactor* dapat ditingkatkan efisiensinya dengan menambah jumlah kompartemen. Namun, jumlah kompartemen disarankan untuk tidak melebihi 6 buah karena efisiensinya justru tidak akan optimal. Oleh karena itu, untuk menyesuaikan dengan ketersediaan lahan dan mendapatkan pengolahan yang efisien, maka dibuatlah sistem cluster pada perencanaan ini.

Daerah perencanaan ini memiliki total penduduk sebesar 40.408 orang. karena banyaknya jumlah penduduk yang terlayani, maka dibuat sistem *cluster* untuk mencegah dimensi ipal yang besar, mengurangi kebutuhan lahan pada satu tempat serta mengurangi biaya pemompaan karena penanaman pipa yang terlalu dalam. Pada tugas akhir ini direncanakan wilayah terbagi

menjadi 5 cluster yang berbeda. Peta pembagian cluster dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 5. 1 Pembagian Cluster

Cluster	Kelurahan	Jumlah Penduduk (jiwa)
Cluster 1	Salaman Mloyo	3624
Cluster 2	Karangayu	3664
Cluster 3	Cabean, Bojongsalaman	12072
Cluster 4	Krobokan	15604
Cluster 5	Karangayu	5332

Cluster 1, 2, 4, dan 5 memanfaatkan lahan kosong atau fasilitas umum untuk penempatan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) akan. Untuk cluster 3, penempatan IPAL akan berada di bawah jalan pemukiman karena keterbatasan lahan. Jalan pemukiman yang terbatas menyebabkan pelayanan di satu cluster tersebut harus kembali diperkecil untuk tiap pelayanan IPAL. Sehingga untuk cluster 3 berupa desain IPAL yang tipikal untuk kapasitas pelayanan tertentu.

Setelah diketahui debit air limbah yang dihasilkan per orang maka dapat dihitung debit rata-rata, debit puncak, dan debit minimum. Berikut adalah contoh perhitungan debit pada tiap cluster.

Cluster 1

- Jumlah penduduk = 3624
- Debit air bersih = $3624 \times 180,6 \text{ L/orang/hari}$
= 65449,4 L/hari
= 654,494 m³/hari
- Debit air limbah rata-rata = $654,494 \text{ m}^3/\text{hari} \times 80\%$
= 523,596 m³/hari
= 0,00606 m³/detik
- Faktor puncak = $(18 + P^{0,5}) / (4 + P^{0,5})$
= $(18 + 3624^{0,5}) / (4 + 3624^{0,5})$
= 1,22
- Debit puncak = Qrata-rata x Faktor puncak

- Debit minimum
 - = 0,00606 m³/detik x 1,22
 - = 0,0074 m³/detik
 - = 0,2 x P^{1,2} x Qrata-rata
 - = 0,2 x $\left(\frac{3624}{1000}\right)^{1,2}$ x 0,0074 m³/detik
 - = 0,00694 m³/detik

Cluster 2

- Jumlah penduduk = 3664
- Debit air bersih = 3664 x 180,6 L/orang/hari
= 661718,4 L/hari
= 661,718 m³/hari
- Debit air limbah rata-rata = 661,718 m³/hari x 80%
= 529,374 m³/hari
= 0,00613 m³/detik
- Faktor puncak = $(18 + P^{0,5}) / (4 + P^{0,5})$
= $(18 + 3664^{0,5}) / (4 + 3664^{0,5})$
= 1,22
- Debit puncak = Qrata-rata x Faktor puncak
= 0,00606 m³/detik x 1,22
= 0,0075 m³/detik
- Debit minimum = 0,2 x P^{1,2} x Qrata-rata
= 0,2 x $\left(\frac{3624}{1000}\right)^{1,2}$ x 0,0074 m³/detik
= 0,0071 m³/detik

Cluster 3

- Jumlah penduduk = 12072
- Debit air bersih = 12072 x 180,6 L/orang/hari
= 2062452 L/hari
= 2062,452 m³/hari
- Debit air limbah rata-rata = 2062,452 m³/hari x 80%
= 1649,9616 m³/hari
= 0,019097 m³/detik
- Faktor puncak = $(18 + P^{0,5}) / (4 + P^{0,5})$
= $(18 + 11420^{0,5}) / (4 + 11420^{0,5})$
= 1,13
- Debit puncak = Qrata-rata x Faktor puncak
= 0,019097 m³/detik x 1,13

$$\begin{aligned}
 &= 0,0234 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 - \text{ Debit minimum} &= 0,2 \times P^{1,2} \times Q_{\text{rata-rata}} \\
 &= 0,2 \times \left(\frac{11420}{1000}\right)^{1,2} \times 0,0234 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 0,00676 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Pada perencanaan IPAL di cluster 3 ini, dibuat tipikal IPAL untuk pelayanan sebanyak 100 - 150 KK atau melayani sekitar tiap 2 gang. Pelayanan diperkecil sedemikian rupa agar IPAL dapat terbangun menyesuaikan lebar jalan yang tersedia.

Cluster 4

$$\begin{aligned}
 - \text{ Jumlah penduduk} &= 15604 \\
 - \text{ Debit air bersih} &= 15604 \times 180,6 \text{ L/orang/hari} \\
 &= 2818082,4 \text{ L/hari} \\
 &= 2062,452 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 - \text{ Debit air limbah rata-rata} &= 2062,452 \text{ m}^3/\text{hari} \times 80\% \\
 &= 2254,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,0261 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 - \text{ Faktor puncak} &= (18 + P^{0,5}) / (4 + P^{0,5}) \\
 &= (18 + 15604^{0,5}) / (4 + 15604^{0,5}) \\
 &= 1,11 \\
 - \text{ Debit puncak} &= Q_{\text{rata-rata}} \times \text{Faktor puncak} \\
 &= 0,0261 \text{ m}^3/\text{detik} \times 1,11 \\
 &= 0,02896 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 - \text{ Debit minimum} &= 0,2 \times P^{1,2} \times Q_{\text{rata-rata}} \\
 &= 0,2 \times \left(\frac{15604}{1000}\right)^{1,2} \times 0,0261 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 0,141 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Cluster 5

$$\begin{aligned}
 - \text{ Jumlah penduduk} &= 5332 \\
 - \text{ Debit air bersih} &= 5332 \times 180,6 \text{ L/orang/hari} \\
 &= 962959,2 \text{ L/hari} \\
 &= 962,96 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 - \text{ Debit air limbah rata-rata} &= 962,96 \text{ m}^3/\text{hari} \times 80\% \\
 &= 770,37 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

- Faktor puncak

$$= 0,00892 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= (18 + P^{0,5}) / (4 + P^{0,5})$$

$$= (18 + 15604^{0,5}) / (4 + 15604^{0,5})$$

$$= 1,18$$
- Debit puncak

$$= \text{Qrata-rata} \times \text{Faktor puncak}$$

$$= 0,00892 \text{ m}^3/\text{detik} \times 1,18$$

$$= 0,0105 \text{ m}^3/\text{detik}$$
- Debit minimum

$$= 0,2 \times P^{1,2} \times \text{Qrata-rata}$$

$$= 0,2 \times \left(\frac{5332}{1000}\right)^{1,2} \times 0,0105 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 0,016 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5.3 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah

Perencanaan sistem penyaluran air limbah ini akan membahas mengenai perhitungan debit air limbah, jalur rencana pipa, pembebanan pipa, perhitungan diameter pipa yang dibutuhkan, kedalaman penanaman, serta perhitungan manhole. Pada perencanaan sistem penyaluran air limbah ini tidak dibahas mengenai proyeksi penduduk karena daerah perencanaan merupakan daerah padat penduduk dengan lahan terbatas. Dalam kurun waktu perencanaan 10 tahun kemungkinan besar pertumbuhan penduduk relatif tetap dan tidak ada perubahan yang signifikan.

Perencanaan sistem penyaluran air limbah ini menggunakan sistem *shallow sewer*. Berdasarkan Tilley (2008) sistem *shallow sewer* memiliki kelebihan

- Biayanya lebih murah daripada *conventional sewer*
- Dapat menjangkau lebih banyak penduduk yang belum memiliki sistem sanitasi
- Cocok diterapkan pada pemukiman dengan kepadatan tinggi dan tidak teratur
- Dapat dikembangkan dan diadaptasi mengikuti pertumbuhan penduduk atau komunitas tersebut.

Dalam sistem penyaluran air limbah ini perlu diketahui debit yang diterima atau yang dilayani oleh masing-masing jalur pipa. Di bawah ini adalah contoh perhitungan air limbah pada saluran tersier, sekunder, dan primer pada cluster 1.

Saluran 5 -1

- Jumlah penduduk = 24
- Debit air bersih = $24 \times 180,6 \text{ L/orang/hari}$
= 4334,4 L/hari
- Debit air limbah rata-rata = $4334,4 \text{ L/hari} \times 80\%$
= 3467,5L/hari
= 3,468 m³/hari
- Faktor puncak = 1,22
- Debit puncak = Qrata-rata x Faktor puncak
= 3,468 m³/hari x 1,22
= 4,23 m³/hari
- Debit minimum = $0,2 \times P^{1,2} \times \text{Qrata-rata}$
= $0,2 \times \left(\frac{5332}{1000}\right)^{1,2} \times 3,468 \text{ m}^3/\text{hari}$
= 0,008 m³/hari

Saluran 1-2

- Jumlah penduduk = 36
- Debit air bersih = $36 \times 180,6 \text{ L/orang/hari}$
= 6501,6 L/hari
- Debit air limbah rata-rata = $6501,6 \text{ L/hari} \times 80\%$
= 5201,3 L/hari
= 5,2 m³/hari
- Faktor puncak = 1,22
- Debit puncak = Qrata-rata x Faktor puncak
= 5,2 m³/hari x 1,22
= 6,35 m³/hari
- Debit minimum = $0,2 \times P^{1,2} \times \text{Qrata-rata}$
= $0,2 \times \left(\frac{5332}{1000}\right)^{1,2} \times 6,35 \text{ m}^3/\text{hari}$
= 0,019 m³/hari

Saluran 1a-1b

- Jumlah penduduk = 49
- Debit air bersih = $49 \times 180,6 \text{ L/orang/hari}$
= 8849,4 L/hari
- Debit air limbah rata-rata = $8849,4 \text{ L/hari} \times 80\%$
= 7079,5 L/hari
= 7,08 m³/hari

- Faktor puncak $= 1,22$
- Debit puncak $= \text{Qrata-rata} \times \text{Faktor puncak}$
 $= 7,08 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,22$
 $= 8,64 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Debit minimum $= 0,2 \times P^{1,2} \times \text{Qrata-rata}$
 $= 0,2 \times \left(\frac{5332}{1000}\right)^{1,2} \times 6,35 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 0,038 \text{ m}^3/\text{hari}$

Tabel 5.2 sampai Tabel 5.5 menunjukkan debit yang diterima oleh masing-masing saluran.

Tabel 5. 2 Perhitungan Debit Air Limbah Cluster 1

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata- rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
5 - 1	tersier	0,66%	24,00	4334,4	3467,5	3,468	1,22	4,23	0,008
6 - 2	tersier	1,35%	49,00	8849,4	7079,5	7,080	1,22	8,64	0,038
7 - 3	tersier	0,69%	25,00	4515,0	3612,0	3,612	1,22	4,41	0,009
8 - 4	tersier	1,46%	53,00	9571,8	7657,4	7,657	1,22	9,34	0,045
10 - 12	tersier	1,32%	48,00	8668,8	6935,0	6,935	1,22	8,46	0,036
11 - 12	tersier	1,32%	48,00	8668,8	6935,0	6,935	1,22	8,46	0,036
12 - 14	tersier	1,21%	44,00	7946,4	6357,1	6,357	1,22	7,76	0,030
13- 14	tersier	1,77%	64,00	11558,4	9246,7	9,247	1,22	11,28	0,068
14 - 18	tersier	0,44%	16,00	2889,6	2311,7	2,312	1,22	2,82	0,003
15 - 18	tersier	1,55%	56,00	10113,6	8090,9	8,091	1,22	9,87	0,051
18 - 19	tersier	0,44%	16,00	2889,6	2311,7	2,312	1,22	2,82	0,003
20 - 19	tersier	0,55%	20,00	3612,0	2889,6	2,890	1,22	3,53	0,005
35 - 36	tersier	2,98%	108,00	19504,8	15603,8	15,604	1,22	19,04	0,216
34 - 36	tersier	0,77%	28,00	5056,8	4045,4	4,045	1,22	4,94	0,011

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
36 - 37	tersier	0,72%	26,00	4695,6	3756,5	3,756	1,22	4,58	0,009
39 - 38	tersier	0,69%	25,00	4515,0	3612,0	3,612	1,22	4,41	0,009
40 - 41	tersier	1,49%	54,00	9752,4	7801,9	7,802	1,22	9,52	0,047
27 - 28	tersier	1,74%	63,00	11377,8	9102,2	9,102	1,22	11,10	0,066
26 - 28	tersier	0,61%	22,00	3973,2	3178,6	3,179	1,22	3,88	0,007
28 - 33	tersier	0,33%	12,00	2167,2	1733,8	1,734	1,22	2,12	0,002
22 -29	tersier	0,63%	23,00	4153,8	3323,0	3,323	1,22	4,05	0,007
23 - 30	tersier	1,60%	58,00	10474,8	8379,8	8,380	1,22	10,22	0,055
24 - 31	tersier	1,55%	56,00	10113,6	8090,9	8,091	1,22	9,87	0,051
25 - 32	tersier	1,68%	61,00	11016,6	8813,3	8,813	1,22	10,75	0,061
43 - 45	tersier	0,99%	36,00	6501,6	5201,3	5,201	1,22	6,35	0,019
44 - 45	tersier	0,61%	22,00	3973,2	3178,6	3,179	1,22	3,88	0,007
45 - 46	tersier	0,69%	25,00	4515,0	3612,0	3,612	1,22	4,41	0,009
47 - 46	tersier	0,83%	30,00	5418,0	4334,4	4,334	1,22	5,29	0,013
46 - 51	tersier	0,44%	16,00	2889,6	2311,7	2,312	1,22	2,82	0,003
50 - 51	tersier	0,63%	23,00	4153,8	3323,0	3,323	1,22	4,05	0,007

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
51 - 52	tersier	0,75%	27,00	4876,2	3901,0	3,901	1,22	4,76	0,010
55 - 56	tersier	1,88%	68,00	12280,8	9824,6	9,825	1,22	11,99	0,078
48 - 56	tersier	1,55%	56,00	10113,6	8090,9	8,091	1,22	9,87	0,051
56 - 57	tersier	0,55%	20,00	3612,0	2889,6	2,890	1,22	3,53	0,005
49 - 57	tersier	1,24%	45,00	8127,0	6501,6	6,502	1,22	7,93	0,031
57 - 58	tersier	1,27%	46,00	8307,6	6646,1	6,646	1,22	8,11	0,033
53 - 54	tersier	1,60%	58,00	10474,8	8379,8	8,380	1,22	10,22	0,055
59 - 60	tersier	2,81%	102,00	18421,2	14737,0	14,737	1,22	17,98	0,190
72 - 69	tersier	1,71%	62,00	11197,2	8957,8	8,958	1,22	10,93	0,064
73 - 70	tersier	1,10%	40,00	7224,0	5779,2	5,779	1,22	7,05	0,024
74 - 71	tersier	1,43%	52,00	9391,2	7513,0	7,513	1,22	9,17	0,043
1 - 2	sekunder	0,99%	36,00	6501,6	5201,3	5,201	1,22	6,35	0,019
2 - 3	sekunder	0,83%	30,00	5418,0	4334,4	4,334	1,22	5,29	0,013
3 - 4	sekunder	0,66%	24,00	4334,4	3467,5	3,468	1,22	4,23	0,008
4 - 1b	sekunder	1,77%	64,00	11558,4	9246,7	9,247	1,22	11,28	0,068
9 - 1b	sekunder	1,32%	48,00	8668,8	6935,0	6,935	1,22	8,46	0,036

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
17 - 21	sekunder	0,77%	28,00	5056,8	4045,4	4,045	1,22	4,94	0,011
21 - 1c	sekunder	1,49%	54,00	9752,4	7801,9	7,802	1,22	9,52	0,047
42 - 41	sekunder	0,66%	24,00	4334,4	3467,5	3,468	1,22	4,23	0,008
41 - 38	sekunder	0,66%	24,00	4334,4	3467,5	3,468	1,22	4,23	0,008
38 - 37	sekunder	3,04%	110,00	19866,0	15892,8	15,893	1,22	19,39	0,225
37 - 1d	sekunder	0,66%	24,00	4334,4	3467,5	3,468	1,22	4,23	0,008
29 - 30	sekunder	1,52%	55,00	9933,0	7946,4	7,946	1,22	9,69	0,049
30 - 31	sekunder	0,66%	24,00	4334,4	3467,5	3,468	1,22	4,23	0,008
31 - 32	sekunder	0,66%	24,00	4334,4	3467,5	3,468	1,22	4,23	0,008
32 - 33	sekunder	1,93%	70,00	12642,0	10113,6	10,114	1,22	12,34	0,083
33 - 1e	sekunder	0,44%	16,00	2889,6	2311,7	2,312	1,22	2,82	0,003
75 - 52	sekunder	0,99%	36,00	6501,6	5201,3	5,201	1,22	6,35	0,019
52 - 54	sekunder	0,77%	28,00	5056,8	4045,4	4,045	1,22	4,94	0,011
54 - 58	sekunder	0,99%	36,00	6501,6	5201,3	5,201	1,22	6,35	0,019
58 - 60	sekunder	0,88%	32,00	5779,2	4623,4	4,623	1,22	5,64	0,015
60 - 1f	sekunder	0,94%	34,00	6140,4	4912,3	4,912	1,22	5,99	0,017

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
16 - 1ba	sekunder	3,31%	120,00	21672,0	17337,6	17,338	1,22	21,15	0,272
68 - 69	sekunder	1,60%	58,00	10474,8	8379,8	8,380	1,22	10,22	0,055
69 - 70	sekunder	1,77%	64,00	11558,4	9246,7	9,247	1,22	11,28	0,068
70 - 71	sekunder	0,99%	36,00	6501,6	5201,3	5,201	1,22	6,35	0,019
71 - 1bb	sekunder	1,16%	42,00	7585,2	6068,2	6,068	1,22	7,40	0,027
67 - 1 bc	sekunder	2,76%	100,00	18060,0	14448,0	14,448	1,22	17,63	0,182
66 - 1bd	sekunder	3,31%	120,00	21672,0	17337,6	17,338	1,22	21,15	0,272
76 - 1 aa	sekunder	0,77%	28,00	5056,8	4045,4	4,045	1,22	4,94	0,011
61 - 1ab	sekunder	0,88%	32,00	5779,2	4623,4	4,623	1,22	5,64	0,015
62 - 1ac	sekunder	1,60%	58,00	10474,8	8379,8	8,380	1,22	10,22	0,055
65 - 1i	sekunder	1,55%	56,00	10113,6	8090,9	8,091	1,22	9,87	0,051
63 - 1k	sekunder	1,52%	55,00	9933,0	7946,4	7,946	1,22	9,69	0,049
64 - 1k	sekunder	0,66%	24,00	4334,4	3467,5	3,468	1,22	4,23	0,008
1k - 1j	sekunder	0,33%	12,00	2167,2	1733,8	1,734	1,22	2,12	0,002
1a - 1b	primer	1,35%	49,00	8849,4	7079,5	7,080	1,22	8,64	0,038
1ba -1bb	primer	0,88%	32,00	5779,2	4623,4	4,623	1,22	5,64	0,015

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
1bb -1bc	primer	0,99%	36,00	6501,6	5201,3	5,201	1,22	6,35	0,019
1bc -1bd	primer	0,66%	24,00	4334,4	3467,5	3,468	1,22	4,23	0,008
1bd - 1g	primer	0,55%	20,00	3612,0	2889,6	2,890	1,22	3,53	0,005
1aa -1ab	primer	0,55%	20,00	3612,0	2889,6	2,890	1,22	3,53	0,005
1ab -1ac	primer	0,55%	20,00	3612,0	2889,6	2,890	1,22	3,53	0,005
1 ac - 1h	primer	0,94%	34,00	6140,4	4912,3	4,912	1,22	5,99	0,017
1h - 1i	primer	0,44%	16,00	2889,6	2311,7	2,312	1,22	2,82	0,003
1i - 1j	primer	0,55%	20,00	3612,0	2889,6	2,890	1,22	3,53	0,005

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 3 Perhitungan Debit Air Limbah Cluster 2

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
1 - 2b	sekunder	2,78%	102,00	18421,2	14737,0	14,737	1,22	17,98	0,19
2 - 2b	sekunder	3,17%	116,00	20949,6	16759,7	16,760	1,22	20,45	0,25
7 - 6	sekunder	1,42%	52,00	9391,2	7513,0	7,513	1,22	9,17	0,04

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
5 - 6	sekunder	1,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,935	1,22	8,46	0,04
6 - 2c	sekunder	2,46%	90,00	16254,0	13003,2	13,003	1,22	15,86	0,14
4 - 2c	sekunder	2,46%	90,00	16254,0	13003,2	13,003	1,22	15,86	0,14
8 - 9	sekunder	1,75%	64,00	11558,4	9246,7	9,247	1,22	11,28	0,07
9a - 9	sekunder	1,20%	44,00	7946,4	6357,1	6,357	1,22	7,76	0,03
9 - 2d	sekunder	2,13%	78,00	14086,8	11269,4	11,269	1,22	13,75	0,11
14 - 13	sekunder	2,07%	76,00	13725,6	10980,5	10,980	1,22	13,40	0,10
12 - 13	sekunder	1,26%	46,00	8307,6	6646,1	6,646	1,22	8,11	0,03
10 - 11	sekunder	1,20%	44,00	7946,4	6357,1	6,357	1,22	7,76	0,03
13 - 11	sekunder	1,01%	37,00	6682,2	5345,8	5,346	1,22	6,52	0,02
11 - 2d	sekunder	2,78%	102,00	18421,2	14737,0	14,737	1,22	17,98	0,19
19 - 2e	sekunder	3,17%	116,00	20949,6	16759,7	16,760	1,22	20,45	0,25
16 - 18	sekunder	2,89%	106,00	19143,6	15314,9	15,315	1,22	18,68	0,21
17 - 18	sekunder	2,62%	96,00	17337,6	13870,1	13,870	1,22	16,92	0,17
18 - 2e	sekunder	2,78%	102,00	18421,2	14737,0	14,737	1,22	17,98	0,19
35 - 33	sekunder	2,57%	94,00	16976,4	13581,1	13,581	1,22	16,57	0,16

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
33 - 2h	sekunder	5,73%	210,00	37926,0	30340,8	30,341	1,22	37,02	0,93
34 - 2h	sekunder	8,73%	320,00	57792,0	46233,6	46,234	1,22	56,40	2,36
25 - 27	sekunder	2,35%	86,00	15531,6	12425,3	12,425	1,22	15,16	0,13
26 - 27	sekunder	1,75%	64,00	11558,4	9246,7	9,247	1,22	11,28	0,07
27 - 2g	sekunder	2,73%	100,00	18060,0	14448,0	14,448	1,22	17,63	0,18
28 - 29	sekunder	1,77%	65,00	11739,0	9391,2	9,391	1,22	11,46	0,07
31 - 29	sekunder	1,86%	68,00	12280,8	9824,6	9,825	1,22	11,99	0,08
29 - 30	sekunder	2,02%	74,00	13364,4	10691,5	10,692	1,22	13,04	0,09
32 - 30	sekunder	1,53%	56,00	10113,6	8090,9	8,091	1,22	9,87	0,05
30 - 2g	sekunder	2,29%	84,00	15170,4	12136,3	12,136	1,22	14,81	0,12
22 - 24	sekunder	2,89%	106,00	19143,6	15314,9	15,315	1,22	18,68	0,21
23 - 24	sekunder	1,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,935	1,22	8,46	0,04
24 - 2f	sekunder	2,43%	89,00	16073,4	12858,7	12,859	1,22	15,69	0,14
15 - 2i	sekunder	2,62%	96,00	17337,6	13870,1	13,870	1,22	16,92	0,17
21 - 2j	sekunder	2,18%	80,00	14448,0	11558,4	11,558	1,22	14,10	0,11
20 - 2k	sekunder	1,58%	58,00	10474,8	8379,8	8,380	1,22	10,22	0,06

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
29- 2l	sekunder	1,69%	62,00	11197,2	8957,8	8,958	1,22	10,93	0,06
30 - 2m	sekunder	1,64%	60,00	10836,0	8668,8	8,669	1,22	10,58	0,06
36 - 2n	sekunder	1,45%	53,00	9571,8	7657,4	7,657	1,22	9,34	0,05
2a -2b	primer	0,87%	32,00	5779,2	4623,4	4,623	1,22	5,64	0,01
2i - 2j	primer	2,18%	80,00	14448,0	11558,4	11,558	1,22	14,10	0,11
2f - 2m	primer	2,67%	98,00	17698,8	14159,0	14,159	1,22	17,27	0,17
2j -2k	primer	1,47%	54,00	9752,4	7801,9	7,802	1,22	9,52	0,05
2k-2l	primer	1,61%	59,00	10655,4	8524,3	8,524	1,22	10,40	0,06
2l - 2m	primer	1,61%	59,00	10655,4	8524,3	8,524	1,22	10,40	0,06

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 4 Perhitungan Debit Air Limbah Cluster 4

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
8 - 2	tersier	0,61%	96,00	17337,6	13870,1	13,87	1,11	15,37	0,17
9 - 3	tersier	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
10 - 4	tersier	0,61%	96,00	17337,6	13870,1	13,87	1,11	15,37	0,17
11 - 5	tersier	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
12 - 6	tersier	0,64%	100,00	18060,0	14448,0	14,45	1,11	16,01	0,18
14 - 20	tersier	0,64%	100,00	18060,0	14448,0	14,45	1,11	16,01	0,18
15 - 21	tersier	0,61%	96,00	17337,6	13870,1	13,87	1,11	15,37	0,17
16 - 22	tersier	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12
17 - 23	tersier	0,59%	92,00	16615,2	13292,2	13,29	1,11	14,73	0,15
18 -24	tersier	0,71%	112,00	20227,2	16181,8	16,18	1,11	17,93	0,23
26 - 32	tersier	0,64%	100,00	18060,0	14448,0	14,45	1,11	16,01	0,18
27 - 33	tersier	0,59%	92,00	16615,2	13292,2	13,29	1,11	14,73	0,15
28 - 34	tersier	0,43%	68,00	12280,8	9824,6	9,82	1,11	10,89	0,08
29 - 35	tersier	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
42 - 43	tersier	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
38 - 43	tersier	0,33%	52,00	9391,2	7513,0	7,51	1,11	8,33	0,04
43 - 44	tersier	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
39 - 44	tersier	0,36%	56,00	10113,6	8090,9	8,09	1,11	8,97	0,05

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
44 - 45	tersier	0,38%	60,00	10836,0	8668,8	8,67	1,11	9,61	0,06
40 - 45	tersier	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12
45 - 52	tersier	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
41 - 54	tersier	0,23%	36,00	6501,6	5201,3	5,20	1,11	5,76	0,02
58a - 59	tersier	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
58 - 59	tersier	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
59 - 61	tersier	0,66%	104,00	18782,4	15025,9	15,03	1,11	16,65	0,20
60 - 61	tersier	0,71%	112,00	20227,2	16181,8	16,18	1,11	17,93	0,23
61 - 62	tersier	0,76%	120,00	21672,0	17337,6	17,34	1,11	19,22	0,27
63 - 62	tersier	0,69%	108,00	19504,8	15603,8	15,60	1,11	17,29	0,22
62 - 53	tersier	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
64 - 65	tersier	0,71%	112,00	20227,2	16181,8	16,18	1,11	17,93	0,23
65 - 55	tersier	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
56 - 48	tersier	0,61%	96,00	17337,6	13870,1	13,87	1,11	15,37	0,17
57 - 50	tersier	0,64%	100,00	18060,0	14448,0	14,45	1,11	16,01	0,18
37 - 49	tersier	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
46 - 51	tersier	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
66 - 54	tersier	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
78 - 78a	tersier	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
79 - 79a	tersier	0,61%	96,00	17337,6	13870,1	13,87	1,11	15,37	0,17
80 - 80a	tersier	0,33%	52,00	9391,2	7513,0	7,51	1,11	8,33	0,04
77 - 77a	tersier	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12
133 - 124	tersier	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
134 - 125	tersier	0,59%	92,00	16615,2	13292,2	13,29	1,11	14,73	0,15
135 - 126	tersier	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
136 - 127	tersier	0,59%	92,00	16615,2	13292,2	13,29	1,11	14,73	0,15
137 - 128	tersier	0,50%	78,00	14086,8	11269,4	11,27	1,11	12,49	0,11
138 - 129	tersier	0,33%	52,00	9391,2	7513,0	7,51	1,11	8,33	0,04
127a-129a	tersier	0,46%	72,00	13003,2	10402,6	10,40	1,11	11,53	0,09
139 - 140	tersier	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
141 - 140	tersier	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
140 - 130	tersier	0,28%	44,00	7946,4	6357,1	6,36	1,11	7,05	0,03

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
141 - 130	tersier	0,74%	116,00	20949,6	16759,7	16,76	1,11	18,57	0,25
148 - 147	tersier	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
145 - 147	tersier	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12
147-130a	tersier	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
146 - 4p	tersier	0,38%	60,00	10836,0	8668,8	8,67	1,11	9,61	0,06
150-131a	tersier	0,64%	100,00	18060,0	14448,0	14,45	1,11	16,01	0,18
151-132a	tersier	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
158 - 153	tersier	0,46%	72,00	13003,2	10402,6	10,40	1,11	11,53	0,09
159 - 154	tersier	0,43%	68,00	12280,8	9824,6	9,82	1,11	10,89	0,08
160 - 155	tersier	0,43%	68,00	12280,8	9824,6	9,82	1,11	10,89	0,08
161 - 156	tersier	0,46%	72,00	13003,2	10402,6	10,40	1,11	11,53	0,09
105-105a	sekunder	0,43%	68,00	12280,8	9824,6	9,82	1,11	10,89	0,08
106-106a	sekunder	0,38%	60,00	10836,0	8668,8	8,67	1,11	9,61	0,06
107-107a	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
104 - 101	sekunder	0,33%	52,00	9391,2	7513,0	7,51	1,11	8,33	0,04
103 - 101	sekunder	0,43%	68,00	12280,8	9824,6	9,82	1,11	10,89	0,08

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
101-103a	sekunder	0,46%	72,00	13003,2	10402,6	10,40	1,11	11,53	0,09
79 - 4g	sekunder	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
80 - 4h	sekunder	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
1 - 2	sekunder	0,46%	72,00	13003,2	10402,6	10,40	1,11	11,53	0,09
2 - 3	sekunder	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
3 - 4	sekunder	0,18%	28,00	5056,8	4045,4	4,05	1,11	4,48	0,01
4 - 5	sekunder	0,23%	36,00	6501,6	5201,3	5,20	1,11	5,76	0,02
5 - 6	sekunder	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
6 - 7	sekunder	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
19 - 20	sekunder	0,50%	78,00	14086,8	11269,4	11,27	1,11	12,49	0,11
20 - 21	sekunder	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
21 - 22	sekunder	0,36%	56,00	10113,6	8090,9	8,09	1,11	8,97	0,05
22 - 23	sekunder	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
23 - 24	sekunder	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
24 - 25	sekunder	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
13 - 7	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
7 - 25	sekunder	0,61%	96,00	17337,6	13870,1	13,87	1,11	15,37	0,17
25 - 4b	sekunder	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
31- 32	sekunder	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
32 -33	sekunder	0,57%	89,00	16073,4	12858,7	12,86	1,11	14,25	0,14
33 - 34	sekunder	0,47%	74,00	13364,4	10691,5	10,69	1,11	11,85	0,09
34 - 35	sekunder	0,62%	98,00	17698,8	14159,0	14,16	1,11	15,69	0,17
35 - 36	sekunder	0,59%	92,00	16615,2	13292,2	13,29	1,11	14,73	0,15
30 - 36	sekunder	0,57%	90,00	16254,0	13003,2	13,00	1,11	14,41	0,14
36 - 55	sekunder	0,65%	102,00	18421,2	14737,0	14,74	1,11	16,33	0,19
47 - 48	sekunder	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
48 - 49	sekunder	0,15%	24,00	4334,4	3467,5	3,47	1,11	3,84	0,01
49 - 50	sekunder	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
50 - 51	sekunder	0,10%	16,00	2889,6	2311,7	2,31	1,11	2,56	0,00
51 - 52	sekunder	0,62%	98,00	17698,8	14159,0	14,16	1,11	15,69	0,17
52 - 53	sekunder	0,13%	21,00	3792,6	3034,1	3,03	1,11	3,36	0,01
53 - 54	sekunder	0,34%	54,00	9752,4	7801,9	7,80	1,11	8,65	0,05

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
54 - 55	sekunder	0,41%	65,00	11739,0	9391,2	9,39	1,11	10,41	0,07
55 - 4c	sekunder	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
55a - 4c	sekunder	0,79%	124,00	22394,4	17915,5	17,92	1,11	19,86	0,29
69 - 4s	sekunder	2,04%	320,00	57792,0	46233,6	46,23	1,11	51,24	2,36
74 - 4f	sekunder	0,55%	86,00	15531,6	12425,3	12,43	1,11	13,77	0,13
75 - 4g	sekunder	0,61%	96,00	17337,6	13870,1	13,87	1,11	15,37	0,17
76 - 4h	sekunder	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
73 - 78a	sekunder	0,43%	68,00	12280,8	9824,6	9,82	1,11	10,89	0,08
78a - 79a	sekunder	0,43%	68,00	12280,8	9824,6	9,82	1,11	10,89	0,08
79a - 80a	sekunder	0,37%	58,00	10474,8	8379,8	8,38	1,11	9,29	0,06
80a - 77a	sekunder	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
77 - 77a	sekunder	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
77a - 4i	sekunder	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
81 - 85	sekunder	0,29%	46,00	8307,6	6646,1	6,65	1,11	7,37	0,03
84 - 85	sekunder	0,42%	66,00	11919,6	9535,7	9,54	1,11	10,57	0,07
85 - 83	sekunder	0,70%	110,00	19866,0	15892,8	15,89	1,11	17,61	0,22

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
82 - 83	sekunder	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
83 - 4j	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
86 - 90	sekunder	0,43%	67,00	12100,2	9680,2	9,68	1,11	10,73	0,08
89 - 90	sekunder	0,57%	89,00	16073,4	12858,7	12,86	1,11	14,25	0,14
90- 88	sekunder	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
87 - 88	sekunder	0,27%	43,00	7765,8	6212,6	6,21	1,11	6,89	0,03
88 - 4k	sekunder	0,66%	104,00	18782,4	15025,9	15,03	1,11	16,65	0,20
92 - 93	sekunder	0,18%	28,00	5056,8	4045,4	4,05	1,11	4,48	0,01
91 - 93	sekunder	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
93 - 4l	sekunder	0,59%	92,00	16615,2	13292,2	13,29	1,11	14,73	0,15
94 - 96	sekunder	0,50%	78,00	14086,8	11269,4	11,27	1,11	12,49	0,11
95 - 96	sekunder	0,46%	72,00	13003,2	10402,6	10,40	1,11	11,53	0,09
96 - 4m	sekunder	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
97 - 4t	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
100 - 4u	sekunder	0,71%	112,00	20227,2	16181,8	16,18	1,11	17,93	0,23
102 - 4t	sekunder	0,75%	118,00	21310,8	17048,6	17,05	1,11	18,89	0,26

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
104a - 103a	sekunder	0,23%	36,00	6501,6	5201,3	5,20	1,11	5,76	0,02
103a - 107a	sekunder	0,18%	28,00	5056,8	4045,4	4,05	1,11	4,48	0,01
107a - 106a	sekunder	0,23%	36,00	6501,6	5201,3	5,20	1,11	5,76	0,02
106a - 105a	sekunder	0,23%	36,00	6501,6	5201,3	5,20	1,11	5,76	0,02
105a - 4s	sekunder	0,18%	28,00	5056,8	4045,4	4,05	1,11	4,48	0,01
108 - 108a	sekunder	0,71%	112,00	20227,2	16181,8	16,18	1,11	17,93	0,23
108a - 109a	sekunder	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
109 - 109a	sekunder	0,69%	108,00	19504,8	15603,8	15,60	1,11	17,29	0,22
109a - 110a	sekunder	0,36%	56,00	10113,6	8090,9	8,09	1,11	8,97	0,05
110 - 110a	sekunder	0,55%	86,00	15531,6	12425,3	12,43	1,11	13,77	0,13
110a - 111a	sekunder	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
111 - 111a	sekunder	0,74%	116,00	20949,6	16759,7	16,76	1,11	18,57	0,25

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
111a - 112a	sekunder	0,28%	44,00	7946,4	6357,1	6,36	1,11	7,05	0,03
112 - 112a	sekunder	0,62%	98,00	17698,8	14159,0	14,16	1,11	15,69	0,17
112a - 113a	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
113 - 113a	sekunder	0,62%	98,00	17698,8	14159,0	14,16	1,11	15,69	0,17
113a - 114a	sekunder	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
114 - 114a	sekunder	0,66%	104,00	18782,4	15025,9	15,03	1,11	16,65	0,20
114a - 115a	sekunder	0,28%	44,00	7946,4	6357,1	6,36	1,11	7,05	0,03
115 - 115a	sekunder	0,64%	100,00	18060,0	14448,0	14,45	1,11	16,01	0,18
115a - 4r	sekunder	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
156 - 4o	sekunder	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12
142 - 4p	sekunder	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
165-132a	sekunder	0,28%	44,00	7946,4	6357,1	6,36	1,11	7,05	0,03
132a - 131a	sekunder	0,36%	56,00	10113,6	8090,9	8,09	1,11	8,97	0,05

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
131a - 130a	sekunder	0,33%	52,00	9391,2	7513,0	7,51	1,11	8,33	0,04
130a - 129a	sekunder	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
129a - 4q	sekunder	0,59%	92,00	16615,2	13292,2	13,29	1,11	14,73	0,15
146 - 4o	sekunder	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
123 - 124	sekunder	0,27%	42,00	7585,2	6068,2	6,07	1,11	6,73	0,03
124 - 125	sekunder	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
125 - 126	sekunder	0,28%	44,00	7946,4	6357,1	6,36	1,11	7,05	0,03
126 - 127	sekunder	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04
127 - 128	sekunder	0,28%	44,00	7946,4	6357,1	6,36	1,11	7,05	0,03
128 - 129	sekunder	0,33%	52,00	9391,2	7513,0	7,51	1,11	8,33	0,04
129 - 130	sekunder	0,59%	92,00	16615,2	13292,2	13,29	1,11	14,73	0,15
130 -4q	sekunder	0,37%	58,00	10474,8	8379,8	8,38	1,11	9,29	0,06
122 - 122a	sekunder	0,43%	68,00	12280,8	9824,6	9,82	1,11	10,89	0,08
122a - 121a	sekunder	0,65%	102,00	18421,2	14737,0	14,74	1,11	16,33	0,19

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
121 - 121a	sekunder	0,28%	44,00	7946,4	6357,1	6,36	1,11	7,05	0,03
121a - 120a	sekunder	0,25%	40,00	7224,0	5779,2	5,78	1,11	6,41	0,02
120 - 120a	sekunder	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
120a - 119a	sekunder	0,23%	36,00	6501,6	5201,3	5,20	1,11	5,76	0,02
119 - 119a	sekunder	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
119a - 118a	sekunder	0,20%	32,00	5779,2	4623,4	4,62	1,11	5,12	0,01
118 - 118a	sekunder	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12
118a - 117a	sekunder	0,18%	28,00	5056,8	4045,4	4,05	1,11	4,48	0,01
117-117a	sekunder	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
117a - 4r	sekunder	0,20%	32,00	5779,2	4623,4	4,62	1,11	5,12	0,01
152 - 153	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
153 - 154	sekunder	0,28%	44,00	7946,4	6357,1	6,36	1,11	7,05	0,03
154 - 155	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
155 - 156	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
162 - 163	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
164 - 163	sekunder	0,41%	64,00	11558,4	9246,7	9,25	1,11	10,25	0,07
163 - 4o	sekunder	0,62%	98,00	17698,8	14159,0	14,16	1,11	15,69	0,17
4a - 4b	primer	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12
4b - 4c	primer	0,61%	96,00	17337,6	13870,1	13,87	1,11	15,37	0,17
4c - 4d	primer	0,00%	0,00	0,0	0,0	0,00	1,11	0,00	0,00
4d - 4e	primer	0,83%	130,00	23478,0	18782,4	18,78	1,11	20,82	0,32
4e - 4f	primer	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12
4f - 4g	primer	0,33%	52,00	9391,2	7513,0	7,51	1,11	8,33	0,04
4g - 4h	primer	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
4h - 4i	primer	0,36%	56,00	10113,6	8090,9	8,09	1,11	8,97	0,05
4i - 4j	primer	0,33%	52,00	9391,2	7513,0	7,51	1,11	8,33	0,04
4j - 4k	primer	0,37%	58,00	10474,8	8379,8	8,38	1,11	9,29	0,06
4k - 4l	primer	0,37%	58,00	10474,8	8379,8	8,38	1,11	9,29	0,06
4l - 4m	primer	0,31%	48,00	8668,8	6935,0	6,94	1,11	7,69	0,04

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
4m - 4v	primer	0,46%	72,00	13003,2	10402,6	10,40	1,11	11,53	0,09
4n - 4o	primer	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
4o - 4p	primer	0,48%	76,00	13725,6	10980,5	10,98	1,11	12,17	0,10
4p - 4q	primer	0,56%	88,00	15892,8	12714,2	12,71	1,11	14,09	0,14
4q - 4r	primer	0,51%	80,00	14448,0	11558,4	11,56	1,11	12,81	0,11
4s - 4t	primer	0,54%	84,00	15170,4	12136,3	12,14	1,11	13,45	0,12
4t - 4u	primer	0,38%	60,00	10836,0	8668,8	8,67	1,11	9,61	0,06
4u - 4v	primer	0,38%	60,00	10836,0	8668,8	8,67	1,11	9,61	0,06

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 5 Perhitungan Debit Air Limbah Cluster 5

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
1 - 3	sekunder	0,02	114	20588,4	16470,7	16,47	1,18	19,46	0,24
2 - 3	sekunder	0,01	54	9752,4	7801,9	7,80	1,18	9,22	0,05
3 - 5a	sekunder	0,02	98	17698,8	14159,0	14,16	1,18	16,73	0,17
4 - 6	sekunder	0,02	108	19504,8	15603,8	15,60	1,18	18,44	0,22

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata- rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
5 - 6	sekunder	0,01	38	6862,8	5490,2	5,49	1,18	6,49	0,02
6 - 5b	sekunder	0,01	78	14086,8	11269,4	11,27	1,18	13,32	0,11
7 - 9	sekunder	0,02	88	15892,8	12714,2	12,71	1,18	15,03	0,14
8 - 9	sekunder	0,01	56	10113,6	8090,9	8,09	1,18	9,56	0,05
9 - 5c	sekunder	0,02	112	20227,2	16181,8	16,18	1,18	19,12	0,23
10 - 12	sekunder	0,02	118	21310,8	17048,6	17,05	1,18	20,15	0,26
11 - 12	sekunder	0,01	68	12280,8	9824,6	9,82	1,18	11,61	0,08
12 - 5d	sekunder	0,02	108	19504,8	15603,8	15,60	1,18	18,44	0,22
13 - 15	sekunder	0,02	84	15170,4	12136,3	12,14	1,18	14,34	0,12
14 - 15	sekunder	0,01	48	8668,8	6935,0	6,94	1,18	8,20	0,04
15 - 5e	sekunder	0,02	92	16615,2	13292,2	13,29	1,18	15,71	0,15
16 - 5f	sekunder	0,03	136	24561,6	19649,3	19,65	1,18	23,22	0,36
17 - 18	sekunder	0,04	212	38287,2	30629,8	30,63	1,18	36,20	0,95
18 - 5f	sekunder	0,02	98	17698,8	14159,0	14,16	1,18	16,73	0,17
24 - 26	sekunder	0,02	90	16254,0	13003,2	13,00	1,18	15,37	0,14
25 - 26	sekunder	0,01	56	10113,6	8090,9	8,09	1,18	9,56	0,05

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
26 - 5h	sekunder	0,02	110	19866,0	15892,8	15,89	1,18	18,78	0,22
27 - 29	sekunder	0,02	98	17698,8	14159,0	14,16	1,18	16,73	0,17
28 - 29	sekunder	0,01	56	10113,6	8090,9	8,09	1,18	9,56	0,05
29 - 5i	sekunder	0,02	114	20588,4	16470,7	16,47	1,18	19,46	0,24
30 - 33	sekunder	0,01	76	13725,6	10980,5	10,98	1,18	12,98	0,10
31 - 33	sekunder	0,01	56	10113,6	8090,9	8,09	1,18	9,56	0,05
33 - 5j	sekunder	0,02	90	16254,0	13003,2	13,00	1,18	15,37	0,14
34 - 36	sekunder	0,02	98	17698,8	14159,0	14,16	1,18	16,73	0,17
35 - 36	sekunder	0,01	30	5418,0	4334,4	4,33	1,18	5,12	0,01
36 - 5k	sekunder	0,02	96	17337,6	13870,1	13,87	1,18	16,39	0,17
37 - 39	sekunder	0,02	98	17698,8	14159,0	14,16	1,18	16,73	0,17
38 - 39	sekunder	0,01	28	5056,8	4045,4	4,05	1,18	4,78	0,01
39 - 41	sekunder	0,02	120	21672,0	17337,6	17,34	1,18	20,49	0,27
40 - 41	sekunder	0,02	124	22394,4	17915,5	17,92	1,18	21,17	0,29
41 - 5k	sekunder	0,02	88	15892,8	12714,2	12,71	1,18	15,03	0,14
19 - 20	sekunder	0,06	324	58514,4	46811,5	46,81	1,18	55,32	2,42

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
20 - 22	sekunder	0,02	96	17337,6	13870,1	13,87	1,18	16,39	0,17
21 - 22	sekunder	0,02	120	21672,0	17337,6	17,34	1,18	20,49	0,27
22 - 23	sekunder	0,03	136	24561,6	19649,3	19,65	1,18	23,22	0,36
23 - 5m	sekunder	0,01	28	5056,8	4045,4	4,05	1,18	4,78	0,01
43 - 44	sekunder	0,02	92	16615,2	13292,2	13,29	1,18	15,71	0,15
42 - 44	sekunder	0,02	108	19504,8	15603,8	15,60	1,18	18,44	0,22
44 - 46	sekunder	0,01	44	7946,4	6357,1	6,36	1,18	7,51	0,03
45 - 46	sekunder	0,02	114	20588,4	16470,7	16,47	1,18	19,46	0,24
46 - 48	sekunder	0,01	52	9391,2	7513,0	7,51	1,18	8,88	0,04
47 - 48	sekunder	0,02	124	22394,4	17915,5	17,92	1,18	21,17	0,29
48 - 5l	sekunder	0,01	60	10836,0	8668,8	8,67	1,18	10,24	0,06
5a - 5b	primer	0,01	64	11558,4	9246,7	9,25	1,18	10,93	0,07
5b - 5c	primer	0,01	62	11197,2	8957,8	8,96	1,18	10,59	0,06
5c - 5d	primer	0,01	68	12280,8	9824,6	9,82	1,18	11,61	0,08
5d - 5e	primer	0,01	78	14086,8	11269,4	11,27	1,18	13,32	0,11
5e - 5f	primer	0,02	80	14448,0	11558,4	11,56	1,18	13,66	0,11

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
5f - 5g	primer	0,02	102	18421,2	14737,0	14,74	1,18	17,42	0,19
5g - 5h	primer	0,02	88	15892,8	12714,2	12,71	1,18	15,03	0,14
5h - 5i	primer	0,01	58	10474,8	8379,8	8,38	1,18	9,90	0,06
5i - 5j	primer	0,01	70	12642,0	10113,6	10,11	1,18	11,95	0,08
5j - 5k	primer	0,01	76	13725,6	10980,5	10,98	1,18	12,98	0,10
5k - 5l	primer	0,02	116	20949,6	16759,7	16,76	1,18	19,81	0,25
5l - 5m	primer	0,00	18	3250,8	2600,6	2,60	1,18	3,07	0,00
5m-IPAL	primer	0,00	16	2889,6	2311,7	2,31	1,18	2,73	0,00

Sumber: Hasil Perhitungan

5.3.1 Pembebanan Pipa

Sebelum diolah di IPAL, air limbah domestik memerlukan sistem penyaluran untuk membawanya ke IPAL. Air limbah akan disalurkan melalui pipa-pipa yang terbagi menjadi pipa primer, sekunder, dan tersier. Setiap pipa mempunyai beban yang berbeda tergantung jumlah pelayanannya. Diperlukan perhitungan pembebanan pipa untuk mengetahui berapa debit air limbah yang masuk ke dalam pipa tersebut beserta limpasannya. Contoh perhitungan dapat dilihat di bawah ini:

Cluster 1

Saluran tersier 5 -1

- Penduduk terlayani = 24
- Debit air bersih = 4334,4 L/hari
- Debit air limbah rata-rata = 3467,5 L/hari
= 3,47 m³/hari
= 4×10^{-5} m³/detik
- Debit puncak = 3,47 m³/hari x 1,22
= 4,23 m³/hari
= 5×10^{-5} m³/detik
- Debit minimum = 0,01 m³/hari
= 1×10^{-7} m³/detik

Saluran sekunder 1 -2

- Penduduk terlayani

Saluran tersier 5 - 1 = 24

Saluran sekunder 1 – 2 = 36

Total penduduk terlayani 1 - 2 = 60

- Debit limbah rata-rata

Saluran tersier 5 - 1 = 3,47 m³/hari

Saluran sekunder 1 – 2 = 5,20 m³/hari

Total debit rata-rata 1 - 2 = 8,67 m³/hari

= 1×10^{-4} m³/detik

- Debit limbah puncak:

Saluran tersier 5 - 1 = 4,23 m³/hari

Saluran sekunder 1 – 2 = 6,35 m³/hari

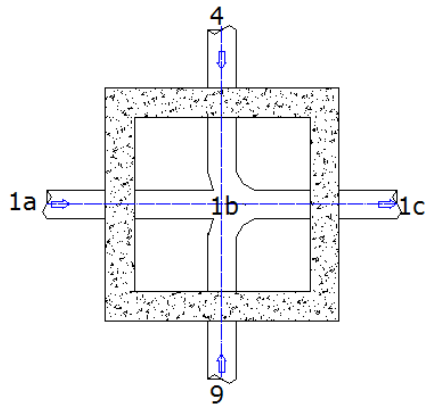
Total debit puncak 1 - 2 = 10,58 m³/hari

= $1,2 \times 10^{-4}$ m³/detik

- Debit limbah minimum
- Saluran tersier 5 - 1 = 0,01 m³/hari
- Saluran sekunder 1 – 2 = 0,02 m³/hari
- Total debit minimum 1 - 2 = 0,03 m³/hari
- = 3 x 10⁻⁷ m³/detik

Saluran primer 1b -1c

- Penduduk terlayani
- Saluran primer 1a – 1b = 49
- Saluran sekunder 4 – 1b = 64
- Saluran sekunder 9 – 1b = 48
- Total penduduk terlayani 1b-1c = 402
- Debit limbah rata-rata
- Saluran primer 1a – 1b = 7,08 m³/hari
- Saluran sekunder 4 – 1b = 44,07 m³/hari
- Saluran sekunder 9 – 1b = 6,94 m³/hari
- Total debit rata-rata 1b-1c = 58,08 m³/hari
- = 6,7 x 10⁻⁴ m³/detik
- Debit limbah puncak:
- Saluran primer 1a – 1b = 8,64 m³/hari
- Saluran sekunder 4 – 1b = 53,76 m³/hari
- Saluran sekunder 9 – 1b = 8,46 m³/hari
- Total debit puncak 1b-1c = 70,86 m³/hari
- = 8,2 x 10⁻⁴ m³/detik
- Debit limbah minimum
- Saluran primer 1a – 1b = 0,04 m³/hari
- Saluran sekunder 4 – 1b = 0,21 m³/hari
- Saluran sekunder 9 – 1b = 0,04 m³/hari
- Total debit puncak 1b-1c = 0,28 m³/hari
- = 3,3 x 10⁻⁶ m³/detik



Gambar 5. 1 Sketsa pembebanan saluran 1b – 1c

Perhitungan lengkap pembebanan pipa tiap cluster dapat dilihat pada Tabel 1 hingga Tabel 5 pada Lampiran A.

5.3.2 Perhitungan Dimensi Pipa

Dalam perencanaan sistem penyaluran air limbah, sangat penting untuk menghitung dimensi pipa sesuai dengan kebutuhannya. Contoh perhitungan dimensi pipa dapat dilihat di bawah ini:

Cluster 1

Saluran tersier 5 -1

Panjang saluran	= 113,6 m
Qpeak total	= 0,00005 m ³ /detik
Elevasi tanah awal	= +10 m
Elevasi tanah akhir	= +8,6 m
Slope medan	$= \frac{\Delta H}{\text{panjang saluran}} = \frac{10-8,6}{113,6} = 0,013$

Diameter pipa yang akan dipasang menggunakan diameter minimum untuk *shallow sewer* yaitu adalah 0,1 m (4"). Dilakukan pengecekan kembali terhadap Qp/Qf untuk mengetahui kapasitas pipa pada saat debit puncak.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{full cek}} &= \frac{0,3117}{n} D^{2,667} S^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{0,3117}{0,013} 0,1^{2,667} 0,013^{0,5} \\
 &= 0,00583 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q_{\text{peak/Qfull cek}} &= 0,00005 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,00583 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 0,008 \\
 Q_{\text{min}} &= \frac{1}{5} \times Q_{\text{ave}} \times \left(\frac{P}{1000} \right)^{0,2} \\
 &= \frac{1}{5} \times 0,00005 \text{ m}^3/\text{detik} \times \left(\frac{24}{1000} \right)^{0,2} \\
 &= 3,8 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q_{\text{min/Qf cek}} &= 3,8 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik} / 0,00583 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 0,001
 \end{aligned}$$

Nilai Qmin/Qfull cek diplotkan pada kurva hidrolik pipa air buangan (Gambar 2.1) untuk mendapatkan nilai Vmin/Vfull.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{min/Vfull}} &= 0,2 \\
 V_{\text{full}} &= \frac{Q_f}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\
 &= \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,7 \text{ m/detik} \\ V_{\min} &= 0,3 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Saluran sekunder 1-2

$$\begin{aligned} \text{Panjang saluran} &= 45 \text{ m} \\ Q_{\text{peak total}} &= 0,00012 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Elevasi tanah awal} &= +8,6 \text{ m} \\ \text{Elevasi tanah akhir} &= +8,6 \text{ m} \\ \text{Slope medan} &= \frac{\Delta H}{\text{panjang saluran}} = \frac{8,6-8,6}{113,6} = 0,000 \end{aligned}$$

Nilai slope medan terlalu kecil, sehingga slope untuk saluran 1-2 menggunakan slope rencana. Nilai slope minimum yang digunakan adalah 0,003.

Diameter pipa yang akan dipasang menggunakan diameter minimum untuk *shallow sewer* yaitu adalah 0,1 m (4"). Dilakukan pengecekan kembali terhadap Q_p/Q_f untuk mengetahui kapasitas pipa pada saat debit puncak.

$$\begin{aligned} Q_{\text{full cek}} &= \frac{0,3117}{n} D^{2,667} S^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{0,3117}{0,013} 0,1^{2,667} 0,003^{0,5} \\ &= 0,00283 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{\text{peak}}/Q_{\text{full cek}} &= 0,00012 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,00283 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,043 \\ Q_{\min} &= \frac{1}{5} \times Q_{\text{ave}} \times \left(\frac{P}{1000} \right)^{0,2} \\ &= \frac{1}{5} \times 0,00012 \text{ m}^3/\text{detik} \times \left(\frac{60}{1000} \right)^{0,2} \\ &= 1,14 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{\min}/Q_f \text{ cek} &= 1,14 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} / 0,00283 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,005 \end{aligned}$$

Nilai $Q_{\min}/Q_{\text{full cek}}$ diplotkan pada kurva hidrolik pipa air buangan (Gambar 2.1) untuk mendapatkan nilai V_{\min}/V_{full} .

$$\begin{aligned} V_{\min}/V_{\text{full}} &= 0,25 \\ V_{\text{full}} &= \frac{Q_f}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,7 \text{ m/detik} \\ V_{\min} &= 0,3 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Saluran primer 1b-1c

$$\begin{aligned} \text{Panjang saluran} &= 17,2 \text{ m} \\ Q_{\text{peak total}} &= 0,00082 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Elevasi tanah awal} &= +8,6 \text{ m} \\ \text{Elevasi tanah akhir} &= +7,6 \text{ m} \\ \text{Slope medan} &= \frac{\Delta H}{\text{panjang saluran}} = \frac{8,6-7,6}{17,2} = 0,058 \end{aligned}$$

Diameter pipa yang akan dipasang menggunakan diameter minimum untuk *shallow sewer* yaitu adalah 0,1 m (4"). Dilakukan pengecekan kembali terhadap Q_p/Q_f untuk mengetahui kapasitas pipa pada saat debit puncak.

$$\begin{aligned} Q_{\text{full cek}} &= \frac{0,3117}{n} D^{2,667} S^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{0,3117}{0,013} 0,1^{2,667} 0,058^{0,5} \\ &= 0,0012 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{peak}}/Q_{\text{full cek}} &= 0,00082 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,0012 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,066 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\min} &= \frac{1}{5} \times Q_{\text{ave}} \times \left(\frac{P}{1000} \right)^{0,2} \\ &= \frac{1}{5} \times 0,000672 \text{ m}^3/\text{detik} \times \left(\frac{402}{1000} \right)^{0,2} \\ &= 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\min}/Q_f \text{ cek} &= 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / 0,0012 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,009 \end{aligned}$$

Nilai Q_{\min}/Q_{full} cek diplotkan pada kurva hidrolik pipa air buangan (Gambar 2.1) untuk mendapatkan nilai V_{\min}/V_{full} .

$$V_{\min}/V_{\text{full}} = 0,36$$

$$\begin{aligned} V_{\text{full}} &= \frac{Q_f}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\ &= 1,6 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$V_{\min} = 0,6 \text{ m/detik}$$

Perhitungan dimensi saluran air limbah tiap cluster dapat dilihat pada Tabel 5 hingga Tabel 10 dalam Lampiran A

5.3.3 Penanaman Pipa

Setelah perhitungan diameter, perlu dihitung kedalaman penanaman pipa. Dari perhitungan penanaman pipa dapat membantu pembuatan profil hidrolis dan mengetahui kebutuhan pompa pada SPAL. Kedalaman penanaman maksimal pipa direncanakan mencapai 5 meter dengan penanaman awal pipa minimal 0,7 dari muka tanah. Contoh perhitungan penanaman pipa cluster 1 adalah sebagai berikut

Cluster 1

Saluran tersier 5 -1

Panjang saluran	= 113,6 m
Elevasi tanah awal	= +10 m
Elevasi tanah akhir	= +8,6 m
Diameter pipa (D)	= 0,1 m
Slope pipa	= 0,013
Headloss	= Slope x panjang saluran = $0,013 \times 113,6 \text{ m}$ = 1,45 m
Elevasi bawah awal	= Elevasi tanah awal – 0,7 – D = $10 \text{ m} - 0,7 \text{ m} - 0,1 \text{ m}$ = +9,2 m
Elevasi bawah akhir	= Elevasi bawah awal – Headloss = $9,2 \text{ m} - 1,45 \text{ m}$ = +7,75 m
Elevasi atas awal	= Elevasi bawah awal + D = $9,2 \text{ m} + 0,1 \text{ m}$ = +9,3 m
Elevasi atas akhir	= Elevasi bawah akhir + D = $7,45 \text{ m} + 0,1 \text{ m}$ = +7,85 m
Kedalaman penanaman pipa	
- Awal	= Elevasi tanah awal - Elevasi bawah awal = $10 \text{ m} - 9,2 \text{ m}$ = 0,8 m

$$\begin{aligned}
 - \text{ Akhir} &= \text{Elevasi tanah akhir} - \text{Elevasi bawah akhir} \\
 &= 8,6 \text{ m} - 7,75 \text{ m} \\
 &= 0,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Saluran sekunder 1 -2

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang saluran} &= 45 \text{ m} \\
 \text{Elevasi tanah awal} &= +8,6 \text{ m} \\
 \text{Elevasi tanah akhir} &= +8,6 \text{ m} \\
 \text{Diameter pipa (D)} &= 0,1 \text{ m} \\
 \text{Slope pipa} &= 0,003 \\
 \text{Headloss} &= \text{Slope} \times \text{panjang saluran} \\
 &= 0,003 \times 45 \text{ m} \\
 &= 0,135 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Saluran 1 – 2 merupakan saluran pertemuan dengan saluran 5 – 1 sehingga elevasi bawah awal mengikuti elevasi akhir saluran sebelumnya.

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi bawah awal} &= \text{Elevasi bawah akhir saluran 5 – 1} \\
 &= +7,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi bawah akhir} &= \text{Elevasi bawah awal} - \text{Headloss} \\
 &= 7,75 \text{ m} - 0,135 \text{ m} \\
 &= +7,62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi atas awal} &= \text{Elevasi bawah awal} + D \\
 &= 7,75 \text{ m} + 0,1 \text{ m} \\
 &= +7,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi atas akhir} &= \text{Elevasi bawah akhir} + D \\
 &= 7,62 \text{ m} + 0,1 \text{ m} \\
 &= +7,72 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kedalaman penanaman pipa

$$\begin{aligned}
 - \text{ Awal} &= \text{Elevasi tanah awal} - \text{Elevasi bawah awal} \\
 &= 8,6 \text{ m} - 7,75 \text{ m} \\
 &= 0,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Akhir} &= \text{Elevasi tanah akhir} - \text{Elevasi bawah akhir} \\
 &= 8,6 \text{ m} - 7,62 \text{ m} \\
 &= 0,93 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Saluran primer 1b -1c

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang saluran} &= 17,2 \text{ m} \\
 \text{Elevasi tanah awal} &= +8,6 \text{ m} \\
 \text{Elevasi tanah akhir} &= +7,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Diameter pipa (D)	= 0,1 m
Slope pipa	= 0,058
Headloss	= Slope x panjang saluran
	= 0,058 x 17,2 m
	= 1 m

Saluran 1b – 1c merupakan saluran percabangan dengan saluran 1a – 1b, 4- 1b, dan 9 – 1b. Elevasi awal mengikuti kedalaman saluran sebelumnya dengan memilih elevasi akhir yang paling rendah. Hal ini dilakukan untuk menjaga tersambunganya tiap saluran agar air limbah tetap dapat mengalir.

Elevasi akhir 1a – 1b	= +7,75 m
Elevasi akhir 4 – 1b	= +6,86 m
Elevasi akhir 9 – 1b	= +7,68 m

Elevasi bawah awal	= Elevasi bawah akhir saluran 4 – 1b
	= +6,86 m

Elevasi bawah akhir	= Elevasi bawah awal – Headloss
	= 6,86 m - 1m
	= +5,86 m

Elevasi atas awal	= Elevasi bawah awal + D
	= +5,86 m + 0,1 m
	= +5,96 m

Elevasi atas akhir	= Elevasi bawah akhir + D
	= +5,86 m - + 0,1 m
	= +6,86 m

Kedalaman penanaman pipa

- Awal	= Elevasi tanah awal - Elevasi bawah awal
	= 8,6 m – 6,86 m
	= 1,69 m

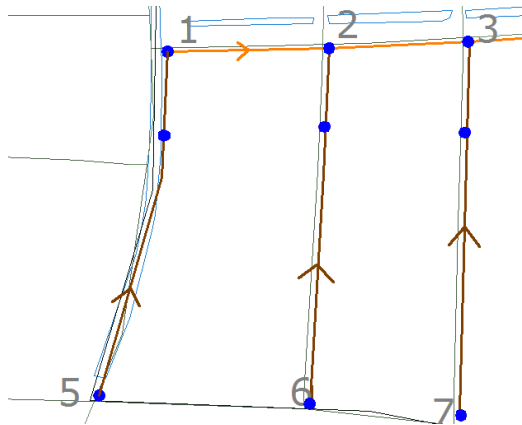
- Akhir	= Elevasi tanah akhir - Elevasi bawah akhir
	= 8,6 m - 7,62 m
	= 1,69 m

Perhitungan lengkap kedalaman penanaman dapat dilihat pada Tabel 11 – Tabel 15 Lampiran A

5.3.4 Perhitungan Manhole

Manhole berfungsi sebagai pertemuan beberapa cabang saluran yang memiliki ketinggian sama maupun tidak sama. Selain itu manhole juga digunakan sebagai sarana pembersihan,

pemeliharaan, perbaikan saluran (Masduki, 2000). Penempatan manhole pada perencanaan ini terletak pada pipa lurus, belokan, pertigaan, dan perempatan. Ukuran manhole direncanakan sebesar 60 x 60 cm. Jarak antar manhole lurus adalah 100 m. Contoh kebutuhan *manhole* pada cluster 1.



Gambar 5. 2 Sketsa peletakan manhole saluran tersier dan sekunder

Cluster 1

Saluran tersier 5 -1

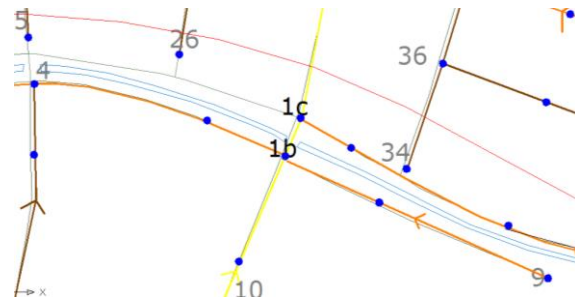
Panjang saluran	= 113,6 m
Diameter terpasang	= 100 mm
Jarak antar manhole	= 100 m
Manhole yang digunakan	
- manhole lurus	= 2 buah

Saluran sekunder 1 -2

Panjang saluran	= 45 m
Manhole yang digunakan	
- manhole belok	= 1 buah

Saluran primer 1b -1c

Panjang saluran	= 17,2 m
Manhole yang digunakan	
- manhole perempatan	= 1 buah



Gambar 5. 3 Sketsa peletakan manhole saluran primer

Perhitungan jumlah manhole dan tipe manhole yang ada pada setiap saluran dapat dilihat pada Lampiran B.

5.2 Perencanaan IPAL

Dalam perencanaan IPAL ini, dibahas mengenai karakteristik air limbah, pemilihan unit, *preliminary sizing* dan perhitungan *Detail Engineering* IPAL.

5.2.1 Karakteristik Air Limbah

Kualitas influen air limbah didapatkan dengan cara sampling pada 3 saluran buangan di pemukiman daerah perencanaan. Sampel diambil pada hari Kamis, 9 Maret 2017. Pengambilan sampel ada di 3 titik karena pertimbangan kemiripan daerah pemukiman.



Gambar 5. 4 Titik pengambilan sampel

Keterangan:

Titik 1 = Kelurahan Bojongsalaman

Titik 2 = Kelurahan Salamanmloyo

Titik 3 = Kelurahan Krobokan

Tabel 5. 6 Hasil pengujian sampel

Parameter	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Baku Mutu
BOD (mg/L)	26	31	14	30
COD (mg/L)	58,227	60,045	27,773	100
TSS (mg/L)	500	115	141	30
Minyak dan Lemak	-	-	-	5
Amoniak	0,0904	0,0904	0,1254	10
pH	7,67	6,36	6,56	6 - 9

Sumber: Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang, 2017

Semua titik pengambilan sampel sebagian besar telah memenuhi baku mutu kecuali TSS. Hasil analisa kualitas sampel

terlalu rendah, hal ini diakibatkan oleh kesalahan saat *sampling*. Sampel yang diambil merupakan air limbah yang berada pada saluran drainase, kemungkinan terjadi pengenceran dan *self purification* tinggi sehingga tidak representatif. Seharusnya sampel diambil langsung dari outlet masing-masing rumah.

Kualitas influen air limbah domestik yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 7 Kualitas Influen Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Hasil analisa	Baku Mutu
BOD	mg/L	162	30
COD	mg/L	268	100
TSS	mg/L	210	30
Minyak dan Lemak	mg/L	20	5
Amoniak	mg/L	48,57	10
pH		6,95	6 - 9
Total Coliform	MPN/100ml	22×10^8	3000

Sumber: Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, 2017

5.2.2 Pemilihan Unit Pengolahan Pengolahan Air Limbah

Dalam perencanaan pengolahan air limbah domestik dibutuhkan proses pengolahan yang efisien dan efektif. Proses pengolahan yang dipilih adalah proses penolakan secara anaerobik. Proses pengolahan anaerobik merupakan proses pengolahan yang memanfaatkan kondisi tanpa oksigen. Berdasarkan Kassab (2010), pengolahan ini memiliki kelebihan efisiensi pengolahan yang tinggi, biaya operasional dan pembangunan lebih murah, serta dapat diterapkan baik dalam skala kecil maupun besar.

Unit pengolahan yang digunakan adalah kombinasi *anaerobic baffled reactor* dan *anaerobic filter*. Baik *anaerobic baffled reactor* dan *anaerobic filter* memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain sebagai berikut.

Kelebihan dari ABR

- Tahan terhadap *hydraulic* dan *organic shock loading*

- Efisiensi pengolahan tinggi
- Biaya operasional rendah
- Waktu pelayanan lama
- Produksi lumpur rendah dan stabil
- Tidak membutuhkan lahan besar

Kekurangan ABR adalah sebagai berikut:

- Penurunan zat pathogen dan nutrient rendah
- Membutuhkan seorang ahli untuk merancang konstruksinya
- Efluen dan lumpur masih memerlukan pengolahan tambahan dan/atau pembuangan yang tepat

Kelebihan *Anaerobic Filter* (AF) adalah sebagai berikut:

- Efisiensi pengolahan tinggi
- Produksi lumpur rendah dan stabil
- Tidak perlu energy listrik
- Umur pelayanannya panjang
- Pembangunan dan perbaikan dapat menggunakan material local
- Tidak membutuhkan lahan besar

Kekurangan *Anaerobic Filter* (AF) adalah sebagai berikut:

- Biaya untuk media filter lebih mahal
- Pengurangan rendah terhadap bakteri pathogen, padatan dan zat organik
- Efluen dan lumpur tinja masih perlu pengolahan sekunder dan/atau pembuangan yang cocok

(Tilley dkk, 2014)

Daerah perencanaan merupakan daerah dengan kepadatan penduduk tinggi sehingga membutuhkan unit pengolahan yang tidak membutuhkan lahan luas. Selain itu tipe pemukiman yang beragam menunjukkan warga dari berbagai latar belakang. Oleh karena itu, dibutuhkan unit pengolahan yang memiliki efisiensi yang tinggi dengan biaya operasional yang tidak mahal.

Anaerobic baffled reactor merupakan unit pengolahan dengan pengolahan tersuspensi. Sedangkan *anaerobic filter* merupakan unit pengolahan dengan proses terlekat. Salah satu kelemahan dari *anaerobic baffled reactor* adalah *suspended solid* dengan densitas yang mendekati densitas air dapat lolos pada

outlet (Purwanto, 2008). Anaerobic filter merupakan pengolahan dengan proses terlekat yang mampu menurunkan kadar suspended solid dengan baik (Sasse, 1998). Oleh karena itu, dibuat 1 kompartemen pada akhir dengan media filter untuk dapat menyaring *suspended solid*. Diagram unit IPAL dapat dilihat pada Gambar 5. 2



Gambar 5. 5 Diagram pengolahan

5.2.3 IPAL Cluster 1

Perhitungan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ini meliputi perhitungan unit sumur pengumpul, *anaerobic baffled reactor*, dan *anaerobic filter*.

a. Sumur pengumpul

Sebelum air limbah masuk ke instalasi pengolahan, air limbah ditampung terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuan perencanaan sumur pengumpul ini untuk mencegah semakin dalamnya bangunan unit pengolah air limbah akibat penanaman pipa akhir yang dalam. Selanjutnya air limbah akan dipompa menuju unit pengolahan air limbah. Sumur pengumpul direncanakan berjumlah 1 unit dilengkapi dengan 1 buah *submersible pump*.

Dimensi

Q peak	= 0,0067 m ³ /detik = 6,67 L/detik
Td	= 5 menit = 300 detik
Elevasi tanah	= + 6,5 m
Elevasi pipa akhir	= + 3,66 m
Volume	= Qpeak x td = 0,0067 m ³ /detik x 300 detik = 2 m ³
H	= 2 m (ditetapkan)
P:L	= 1 : 1
Luas permukaan	= Volume / H = 2 m ³ / 2 m = 1 m ²

Lebar = 1 m
 Panjang = 1 m
 Td cek = Volume / Q peak
 = $(1 \times 1 \times 2) \text{ m}^3 / 0,0067 \text{ m}^3/\text{detik}$
 = 300 detik
 = 5 menit (memenuhi)
 Freeboard = 0,4 m

Diameter pipa discharge

v asumsi pada pipa = 1 m/detik
 Q = 0,0067 m³/detik
 Luas permukaan (A) = Q / v
 = 0,0067 m³/detik / 1 m/detik
 = 0,0067 m²

Diameter pipa (D) = $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$
 = $\sqrt{\frac{4 \times 0,0067 \text{ m}^2}{\pi}}$
 = 0,092 m \approx 0,1 m

v cek = Q / A
 = $0,0067 / (\frac{1}{4} \times \pi \times 0,1^2)$
 = 0,85 m/detik

Jumlah pipa discharge = 1
 Head statis = 2,94 m
 L pipa discharge = 7,8 m

Headloss

Hf discharge = $\left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L$
 = $\left(\frac{0,0067}{0,00155 \times 110 \times 10^{2,63}} \right)^{1,85} \times 7,8$
 = 0,00000026 m

Head velocity = $\frac{v^2}{2g}$
 = $\frac{0,85^2}{2 \times 9,81}$
 = 0,037 m

Hf minor belokan = $k \left(\frac{v^2}{2g} \right)$
 = 0,074 m

$$\begin{aligned}
 \text{Head total} &= H_{\text{statis}} + H_{f_{\text{discharge}}} + H_{\text{velocity}} + H_{f_{\text{minor belokan}}} \\
 &= (2,94 + 0,00000026 + 0,037 + 0,074) \text{ m} \\
 &= 3,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pompa

Berdasarkan perhitungan sumur pengumpul ini, maka diperoleh spesifikasi pompa *submersible* sebagai berikut

Jumlah	= 1 unit
Merk	= Ebara
Tipe	= 80 DVS 5.75 Submersible Semi Vortex
Total Head	= 3,8 m
Motor output	= 0,75 kW
Ødischarge	= 80 mm

b. Saluran Penerima / Inlet

Sebelum masuk ke unit IPAL, air limbah diterima terlebih dahulu oleh saluran penerima. Air limbah yang dari saluran penerima selanjutnya akan melimpah ke bak pengendap. Tujuannya agar debit yang masuk dapat tersebar merata ke unit pengolahan dan meminimalisir terjadinya *dead zone*.

Direncanakan :

Saluran terbuat dari beton, kekasaran (n) = 0.015

Panjang saluran (P) = 0,3 m

$$\begin{aligned}
 L &= \text{lebar BP} \times \text{jumlah unit} + (\text{tebal dinding} \times 2) \\
 &= 2\text{m} \times 3 + (0,2 \times 2) \\
 &= 6,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$H_{\text{air}} = 0,25 \text{ m}$$

Cek td untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan untuk air limbah berada pada saluran sebelum melimpah menuju ke bak pengendap.

$$\begin{aligned}
 T_d &= \text{volume} / Q \\
 &= (P \times L \times H) / Q \\
 &= (0,3 \text{ m} \times 6,4\text{m} \times 0,25\text{m}) / 0,0067 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 71,64 \text{ detik} \\
 &= 1,2 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Jari – jari hidrolis saluran

$$\begin{aligned}
 R &= (L \times H) / (L + 2H) \\
 &= (6,4\text{m} \times 0,25\text{m}) / (6,4 + (2 \times 0,25\text{m})) \\
 &= 0,23 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kehilangan tekanan (H_f)

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \left(\frac{h_f}{P} \right)^{1/2}$$

$$0,1 = \frac{1}{0,015} (0,23)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{h_f}{0,3} \right)^{1/2}$$

$$H_f = 0,000005 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss kecepatan} &= v^2/2g \\ &= 0,1^2 / 2 (9,81) \\ &= 0,0005 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Headloss total} = 0,000005 \text{ m} + 0,0005 \text{ m} = 5,05 \times 10^{-4} \text{ m}$$

c. Anaerobic Baffled Reactor

- Bak Pengendap

Influen Bak Pengendap

Q rata-rata	= 523,6 m ³ /hari = 0,0061 m ³ /detik
Q peak	= 638,79 m ³ /hari = 0,0074 m ³ /detik
COD	= 268 mg/L = 1,14 kg/m ³
BOD	= 162 mg/L = 0,568 kg/m ³
TSS	= 210 mg/L = 0,5 kg/m ³

Direncanakan

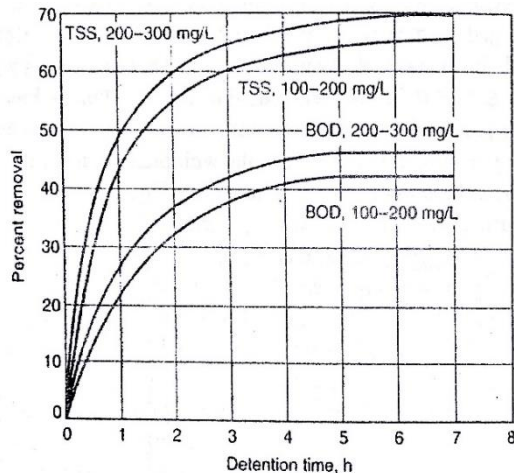
Jumlah bak pengendap	= 3
Q peak per bak	= 0,0074 m ³ /detik / 3 = 0,0025 m ³ /detik
Waktu detensi (td)	= 2 jam
Interval pengurasan	= 1 tahun
H _{air}	= 3 m
P : L	= 2 : 1

Perhitungan Removal

Untuk mendapat efisiensi removal COD dapat diplotkan pada Gambar 2.4 (Grafik removal COD pada *settler*).

SS _{settler} /COD ratio	= 0,78
COD removal	$= ((\text{SS}/\text{COD})/0,6 \times (\text{td} - 1) \times 0,1/2) + 0,3$ $= 0,78/0,6 \times (2-1) \times 0,1/2 + 0,3$ $= 36,6\%$
BOD removal	$= \text{BOD}/\text{COD removal} \times \text{COD removal}$ $= 1,06 \times 36,5\%$ $= 38,69\%$

Persentase removal BOD dan TSS dapat diketahui berdasarkan grafik tipikal removal BOD dan TSS. Grafik dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5. 6 Tipikal removal BOD dan TSS pada bak pengendap
Sumber: Tchobanoglous, 2014

Hubungan waktu detensi dan removal TSS pada kurva tersebut dapat dimodelkan dengan persamaan:

$$R = t / (a + bt)$$

Dimana:

R : removal TSS (%)

t : waktu detensi (jam)

a = 0,0075

b = 0,014

Dengan persamaan tersebut, maka removal TSS pada bak pengendap awal dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{TSS removal} &= td / (0,014 + 0,0075 td) \\ &= 2 / (0,014 + (0,0075 \times 2)) \\ &= 68,96\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD out} &= \text{COD in} \times (1 - \text{COD removal}) \\ &= 268 \times (1 - 36,75\%) \\ &= 170,18 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD out} &= \text{BOD in} \times (1 - \text{BOD removal}) \\ &= 162 \times (1 - 38,69\%) \\ &= 99,32 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

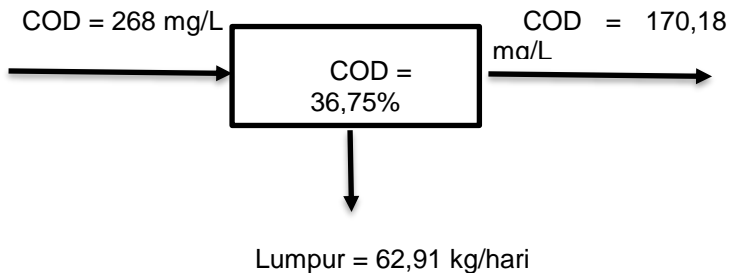
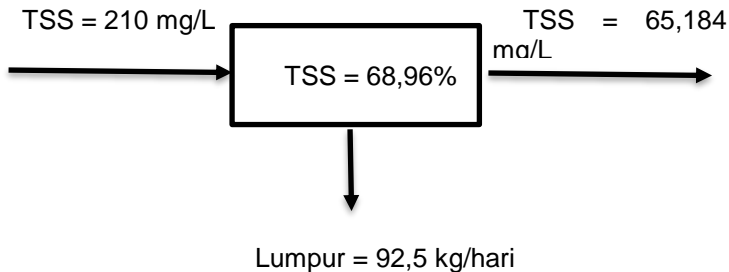
$$\begin{aligned}\text{TSS out} &= \text{TSS in} \times (1 - \text{TSS removal}) \\ &= 210 \times (1 - 68,96\%) \\ &= 65,184 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

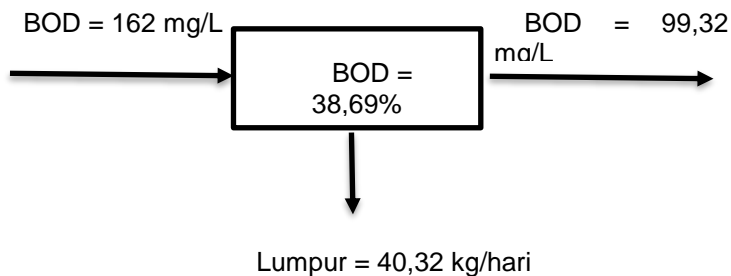
$$\begin{aligned}\text{Massa TSS} &= \text{TSS removal} \times \text{TSS in} \times Q \text{ limbah} \\ &= 68,96\% \times 210 \text{ mg/L} \times 638,79 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 92,5 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa COD} &= \text{COD removal} \times \text{COD in} \times Q \text{ limbah} \\ &= 36,75\% \times 268 \text{ mg/L} \times 638,79 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 62,91 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa BOD} &= \text{BOD removal} \times \text{BOD in} \times Q \text{ limbah} \\ &= 38,96\% \times 162 \text{ mg/L} \times 638,79 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 40,32 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Diagram kesetimbangan massa dapat dilihat pada gambar di bawah ini





Gambar 5. 7 Kesetimbangan massa TSS, COD, dan BOD

Dimensi Bak Pengendap

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pengendapan} &= t_d \times Q_{\text{peak}} \\
 &= 2 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \times 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 17,74 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / H_{\text{air}} \\
 &= 17,74 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 5,91 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= \sqrt{\frac{A_s}{2}} \\
 &= \sqrt{\frac{9,86}{2}} \\
 &= 1,72 \text{ m} \approx 2 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 2 \times P \\
 &= 2 \times 2 \\
 &= 4 \text{ m} \\
 \text{Freeboard} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Volume cek} &= P \times L \times H_{\text{air}} \\
 &= 4 \times 2 \times 3 \\
 &= 24 \text{ m}^3 \\
 \text{Td cek} &= \text{Volume} / Q_{\text{peak}} \\
 &= 24 \text{ m}^3 / 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 9600 \text{ detik} = 2,7 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dimensi Ruang Lumpur

Periode pengurasan	= 6 bulan
Stabilisasi solid	= 80%
Kadar solid lumpur	= 5%
ρ air	= 1 kg/L
Massa solid	= massa TSS x 6 bulan x (100%-80%) = $0,0025 \text{ m}^3/\text{detik} \times 0,21 \text{ kg/m}^3 \times 6 \text{ bulan} \times 30 \text{ hari} \times (100\%-80\%)$ = 3376,5 kg
Densitas lumpur	= $\frac{(5\% \times 2.65 \text{ kg/L}) + (95\% \times 1 \text{ kg/L})}{100\%}$ = 1,0825 kg/L
Volume lumpur	= massa solid / densitas lumpur = $3376,5 \text{ kg} / 1,0825 \text{ kg/L}$ = 3119,2 L = $3,12 \text{ m}^3$
Panjang	= Panjang Bak Pengendap = 4 m
Lebar	= Lebar Bak Pengendap = 2 m
H_{Lumpur}	= Volume lumpur / As = $3,12 \text{ m}^3 / (4 \times 2) \text{ m}^2$ = 0,39 m = 0,4m

Dimensi Zona Pengendap dan Ruang Lumpur

Panjang	= 4 m
Lebar	= 2 m
$H_{\text{air+lumpur}}$	= 3,4 m
Freeboard	= 0,4 m

d. Kompartemen *Baffled Reactor*

Kompartemen *baffled reactor* direncanakan terbagi menjadi 3 unit secara paralel setelah melalui bak pengendapan. Tujuan dari pembagian *baffled reactor* untuk memenuhi desain kriteria dari ABR melihat debit yang masuk besar. Debit masuk yang besar dapat membuat dimensi bangunan terlalu besar dan mengurangi efisiensi pengolahan air limbah.

Influen *baffled reactor*

BOD	= 99,32 mg/L
COD	= 170,18 mg/L
TSS	= 65,18 mg/L

Jumlah *baffled reactor* = 3
 Q peak tiap unit = 212,93 m³/hari
 = 0,0025 m³/detik

Direncanakan

HRT = 6 jam (kriteria 6 – 24 jam)
 Kedalaman (H) = Kedalaman bak pengendap
 = 3,4 m
Upflow velocity (v_{up}) = <1 m/jam

Dimensi Baffled Reactor

Volume *baffled reactor* = Q peak tiap unit x HRT
 = 0,0025 m³/detik x 6 jam x 3600 detik
 = 53,2 m³
 Panjang kompartemen = 0,5 x H
 = 0,5 x 3,3 m
 = 1,7 m (*upflow chamber*)
 P *downflow chamber* = 0,25 m
 Lebar kompartemen = 2 m
 Luas permukaan (As) = Volume ABR / H
 = 53,2 m³ / 3,4 m
 = 15,7 m²
Upflow velocity (V_{up}) = Q / As
 = 0,0025 m³/detik / 15,7 m²
 = 0,00016 m/detik
 = 0,57 m/jam (memenuhi)
 Volume kompartemen = P x L x H
 = (1,7+0,25) m x 2 m x 3,4 m
 = 13,26 m³
 Jumlah kompartemen = Volume ABR / Volume kompartemen
 = 53,2 m³ / 13,26 m³
 = 4 kompartemen
 HRT cek = Volume baffled reactor / Q tiap unit
 = (13,26 m³ x 4) / 212,93 m³/hari
 = 0,26 hari
 = 6 jam (memenuhi)

Dimensi Kompartemen Baffled Reactor

Panjang = 1,95 m
 Lebar = 2 m

H = 3,4 m
 Jumlah kompartemen = 4

Perhitungan Removal

Organic Loading Rate = COD in x Q / (n x vol kompartemen)

$$= \frac{170,18 \text{ mg/L} \times 212,93 \text{ m}^3/\text{hari}}{4 \times 13,26 \text{ m}^3}$$

 = 0,68 kg BOD/m³.hari

Faktor *overload* = 1 (beban BOD per hari < 15)

Faktor *strength* = (COD in x $\frac{0,17}{2000}$) + 0,87
 = 0,884

Faktor suhu = (suhu - 25) x ($\frac{0,05}{5}$) + 1
 = (28 - 25) x ($\frac{0,05}{5}$) + 1
 = 1,048

Faktor HRT = (HRT - 10) x ($\frac{0,13}{10}$) + 0,82
 = 0,589

Removal teoritis = f-overload x f-strength x f-temp x f-HRT
 = 1 x 0,884 x 1,048 x 0,57
 = 0,53

Removal COD = Removal teoritis x (n x 0,04 + 0,82)
 = 0,53 x (4 x 0,04 + 0,82)
 = 0,56

Efluen COD = (1 - Removal COD) x COD_{input baffled reactor}
 = (1 - 0,56) x 170,18 mg/L
 = 74,85 mg/L

Produksi biogas = $\frac{(\text{COD in} - \text{COD removal settler}) \times Q \times 0,35/1000}{0,7 \times 0,5}$
 = 42,73 m³/hari

Efluen BOD = (1 - factor HRT) x BOD in
 = (1 - 0,589) x 99,32 mg/L
 = 42,64 mg/L

e. Anaerobic Filter

Perhitungan anaerobic filter ini meliputi dimensi bak pengendap, ruang lumpur, dimensi kompartemen, dimensi tangki filter, jumlah kompartemen serta factor removal COD. Media filter

yang digunakan adalah sarang tawon dengan luas spesifik 150 – 220 m²/m³ dan porositas 98%.

Influen *anaerobic filter*

COD	= efluen COD pada ABR = 74,85 mg/L
BOD	= efluen BOD pada ABR = 42,64 mg/L
Jumlah <i>anaerobic filter</i>	= 3
Q peak tiap unit	= 212,93 m ³ /hari = 0,0025 m ³ /detik

Dimensi Kompartemen AF

HRT	= 1,5 hari
H	= Kedalaman ABR = 3,4 m
Volume AF	= Q x HRT = 212,93 m ³ /hari x 1,5 hari = 319,4 m ³
Luas permukaan (As)	= Volume / H = 319,4 m ³ / 3,4 m = 93,94 m ²
Jumlah kompartemen	= Volume AF / (As x H) = 319,4 m ³ / (93,94 m ² x 3,4 m) = 1
Panjang	= panjang ABR = 1,7 m (<i>upflow chamber</i>)
P <i>downflow chamber</i>	= 0,25 m
Lebar	= lebar ABR = 2 m
Volume kompartemen	= P x L x H = (1,7 + 0,25) m x 2m x 3,4 m = 13,26 m ³

Dimensi Tangki Filter

Lebar	= Lebar kompartemen AF = 2 m
Panjang	= Panjang kompartemen AF – 0,25m = 1,7 m

$$\begin{aligned}
 \text{Penyangga} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Tinggi media filter (h)} &= H - \text{penyangga} - 0,4 \text{ m} \\
 &= 3,4 \text{ m} - 0,8 \text{ m} - 0,4 \text{ m} \\
 &= 2,2 \text{ m} \\
 \text{Volume tangki media} &= P \times L \times H \\
 &= (1,7 \times 2 \times 2,2) \text{ m}^3 \\
 &= 7,48 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan Removal

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor } temperature &= (T-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= (28-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= 1,048 \\
 \text{Faktor } strength &= (\text{COD}_{in} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= (74,85 \text{ mg/L} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= 0,88 \\
 \text{Faktor HRT} &= ((\text{HRT} - 33) \times ((0,09/67)) + 0,7) \\
 &= (36 - 33) \times ((0,09/67)) + 0,7 \\
 &= 0,7 \\
 \text{Faktor } surface &= 1,06 \text{ (surface } \geq 200 \text{ m}^2/\text{m}^3) \\
 \text{COD removal} &= f_{temp} \times f_{strength} \times f_{HRT} \times f_{surface} \times (1 + (n \times 0,04)) \\
 &= 1,048 \times 0,88 \times 0,7 \times 1,06 \times (1 + (1 \times 0,04)) \\
 &= 0,71 \\
 \text{Efluen COD} &= \text{COD}_{in} \times (1 - \text{COD removal}) \\
 &= 43,68 \text{ mg/L} \times (1 - 0,73) \\
 &= 21,5 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD removal} &= \text{BOD/COD removal factor} \times \text{COD}_{rem} \\
 &= 1,1146 \times 0,71 \\
 &= 0,79 \\
 \text{Efluen BOD} &= (1 - \text{BOD removal}) \times \text{BOD}_{in} \\
 &= 0,79 \times 42,64 \text{ mg/L} \\
 &= 8,95 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen Anaerobic Filter

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 1,95 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 2 \text{ m} \\
 H &= 3,4 \text{ m} \\
 \text{Tinggi media} &= 2,2 \text{ m} \\
 \text{Panjang media} &= 1,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lebar media = 2 m

f. Kebutuhan Nutrien

Air limbah membutuhkan penambahan nitrogen dan fosfor untuk menunjang pertumbuhan bakteri anaerobik. Pada influen direkomendasikan rasio COD:N:P adalah 600:5:1 selama *start up* dan 300:5:1 selama operasi dalam jangka panjang (Tchobanoglous, 2014).

Rasio COD:N:P	= 300:5:1
COD in	= 268 mg/L
COD out	= 21,5 mg/L
COD tersisihkan	= COD in – COD out
	= 268 – 21,5
	= 246,5 mg/L
Kebutuhan N	= (5/300) × COD tersisihkan
	= (5/300) × 246,5 mg/L
	= 4,1 mg/L
Kebutuhan P	= (1/300) × COD tersisihkan
	= (1/300) × 246,5 mg/L
	= 0,82 mg/L

g. Profil Hidrolis

Aliran air mengalami belokan dan jatuhan saat menuju unit selanjutnya. Perhitungan kehilangan tekanan akibat jatuhan dan belokan didasarkan pada **persamaan Manning**, yaitu:

$$H_f = \left(\frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L$$

Dimana:

v	: kecepatan aliran (m/s)
n	: koefisien kekasaran
R	: jari-jari hidrolis (m)
L	: panjang jatuhan atau belokan (m)

Kehilangan tekanan akibat kecepatan aliran pada unit-unit IPAL ditentukan berdasarkan **persamaan Darcy-Weisbach**, yaitu:

$$H_f = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$f = 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$$

Dimana:

L : panjang bangunan (m)

R : jari-jari hidrolis (m)

v : kecepatan aliran (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

Sedangkan kehilangan tekanan dalam media filter sarang tawon ditentukan berdasarkan **persamaan Rose** sebagai berikut:

$$H_f = 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g}$$

$$N_{Re} = \frac{\Psi \rho d v}{\mu}$$

$$\text{Untuk } N_{Re} < 1 : C_D = \frac{24}{N_{Re}}$$

$$\text{Untuk } 1 < N_{Re} < 10^4 : C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

$$\text{Untuk } N_{Re} > 10^4 : C_D = 0,4$$

Dimana:

L : kedalaman filter (m)

e : porositas media

v : kecepatan filtrasi (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

d : ukuran rongga media (m)

ψ : faktor bentuk

μ : viskositas dinamis (kg/m.s)

ρ : massa jenis (kg/m³)

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk IPAL Cluster 1 dapat dilihat pada Tabel 5.28

Tabel 5. 8 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 1

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
ABR			
Bak Pengendap			6,15

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
	Hf kecepatan	0,0000121	6,1499879
Baffled reactor			
Kompartemen 1			6,1499879
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1498594
	Hf kecepatan	0,0000099	6,1498495
	Hf belokan	0,0000124	6,1498372
Kompartemen 2			6,1498372
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1497087
	Hf kecepatan	0,0000101	6,1496986
	Hf belokan	0,0000124	6,1496862
Kompartemen 3			6,1496862
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1495578
	Hf kecepatan	0,0000101	6,1495477
	Hf belokan	0,0000124	6,1495353
			6,1495353
Kompartemen 4	Hf jatuhan	0,0001284	6,1494068
	Hf kecepatan	0,0000101	6,1493967
	Hf belokan	0,0000124	6,1493843
Anaerobic Filter			
Kompartemen 1			6,1493843
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1492559
	Hf kecepatan	0,0000101	6,1492458
	Hf media filter	0,0000075	6,1492383
	Hf kecepatan	0,0000101	6,1492281
Outlet			6,1492281

Sumber: Hasil Perhitungan

5.2.5 IPAL Cluster 2

Perhitungan instalasi pengolahan air limbah(IPAL) ini meliputi perhitungan unit sumur pengumpul, *anaerobic baffled reactor*, dan *anaerobic filter*.

a. Sumur Pengumpul

Sebelum air limbah masuk ke instalasi pengolahan, air limbah ditampung terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuan perencanaan sumur pengumpul ini untuk mencegah semakin dalamnya bangunan unit pengolah air limbah akibat penanaman pipa akhir yang dalam. Selanjutnya air limbah akan dipompa menuju unit pengolahan air limbah. Sumur pengumpul direncanakan berjumlah 1 unit dilengkapi dengan 1 buah *submersible pump*.

Dimensi

Q peak	= 0,00747 m ³ /detik = 7,47 L/detik
Td	= 5 menit = 300 detik
Elevasi tanah	= + 5,5 m
Elevasi pipa akhir	= + 0,69 m
Volume	= Q _{peak} x t _d = 0,00747 m ³ /detik x 300 detik = 2,24 m ³
H	= 1 m (ditetapkan)
P:L	= 1 : 1
Luas permukaan	= Volume / H = 2,24 m ³ / 1 m = 2,24 m ²
Lebar	= 1,5 m
Panjang	= 1,5 m
Td cek	= Volume / Q _{peak} = (1,5 x 1,5 x 2) m ³ / 0,00747 m ³ /detik = 300 detik = 5 menit (memenuhi)
Freeboard	= 0,4 m

Diameter pipa discharge

v asumsi pada pipa	= 1 m/detik
Q	= 0,00747 m ³ /detik
Luas permukaan (A)	= Q / v = 0,00747 m ³ /detik / 1 m/detik

$$\begin{aligned}
 &= 0,00747 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00747 \text{ m}^2}{\pi}} \\
 &= 0,097 \text{ m} \approx 0,1 \text{ m} \\
 v \text{ cek} &= Q / A \\
 &= 0,00747 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,1^2\right) \\
 &= 0,95 \text{ m/detik} \\
 \text{Jumlah pipa discharge} &= 1 \\
 \text{Head statis} &= 4,91 \text{ m} \\
 \text{L pipa discharge} &= 7,91 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Headloss

$$\begin{aligned}
 \text{Hf discharge} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}}\right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{0,0067}{0,00155 \times 110 \times 10^{2,63}}\right)^{1,85} \times 7,91 \\
 &= 0,00000034 \text{ m} \\
 \text{Head velocity} &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,95^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,046 \text{ m} \\
 \text{Hf minor belokan} &= k \left(\frac{v^2}{2g}\right) \\
 &= 0,094 \text{ m} \\
 \text{Head total} &= H_{\text{statis}} + H_{\text{f discharge}} + H_{\text{velocity}} + H_{\text{f minor belokan}} \\
 &= (4,91 + 0,00000034 + 0,046 + 0,094) \text{ m} \\
 &= 5,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pompa

Berdasarkan perhitungan sumur pengumpul ini, maka diperoleh spesifikasi pompa *submersible* sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah} &= 1 \text{ unit} \\
 \text{Merk} &= \text{Ebara} \\
 \text{Tipe} &= 80 \text{ DVS 5.75 Submersible Semi Vortex} \\
 \text{Total Head} &= 3,8 \text{ m} \\
 \text{Motor output} &= 0,75 \text{ kW} \\
 \text{Ødischarge} &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b. Saluran Penerima / Inlet

Sebelum masuk ke unit IPAL, air limbah diterima terlebih dahulu oleh saluran penerima. Air limbah yang dari saluran penerima selanjutnya akan melimpah ke bak pengendap. Tujuannya agar debit yang masuk dapat tersebar merata ke unit pengolahan dan meminimalisir terjadinya *dead zone*.

Direncanakan :

Saluran terbuat dari beton, kekasaran (n) = 0.015

Panjang saluran (P) = 0,3 m

$$\begin{aligned} L &= \text{lebar BP} \times \text{jumlah unit} + (\text{tebal dinding} \times 2) \\ &= 2,2 \text{ m} \times 3 + (0,2 \times 2) \\ &= 7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H \text{ air} = 0,25 \text{ m}$$

Cek td untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan untuk air limbah berada pada saluran sebelum melimpah menuju ke bak pengendap.

$$\begin{aligned} T_d &= \text{volume} / Q \\ &= (P \times L \times H) / Q \\ &= (0,3 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}) / 0,00747 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 70,28 \text{ detik} \\ &= 1,12 \text{ menit} \end{aligned}$$

Jari – jari hidrolis saluran

$$\begin{aligned} R &= (L \times H) / (L + 2H) \\ &= (7 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}) / (7 + (2 \times 0,25 \text{ m})) \\ &= 0,23 \text{ m} \end{aligned}$$

Kehilangan tekanan (Hf)

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \left(\frac{hf}{P} \right)^{1/2}$$

$$0,1 = \frac{1}{0,015} (0,23)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{hf}{0,3} \right)^{1/2}$$

$$Hf = 0,000005 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss kecepatan} &= v^2 / 2g \\ &= 0,1^2 / 2 (9,81) \\ &= 0,0005 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss total = $0,000005\text{m} + 0,0005\text{m} = 5,05 \times 10^{-4}\text{m}$

c. Anaerobic Baffled Reactor

- Bak Pengendap

Influen Bak Pengendap

Q rata-rata	= $529,37 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,0061 \text{ m}^3/\text{detik}$
Q peak	= $645,84 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,0075 \text{ m}^3/\text{detik}$
COD	= $268 \text{ mg/L} = 0,268 \text{ kg/m}^3$
BOD	= $162 \text{ mg/L} = 0,162 \text{ kg/m}^3$
TSS	= $210 \text{ mg/L} = 0,21 \text{ kg/m}^3$

Direncanakan

Jumlah bak pengendap	= 3
Q peak per bak	= $0,0075 \text{ m}^3/\text{detik} / 3 = 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik}$
Waktu detensi (td)	= 3 jam
Interval pengurasan	= 6 bulan
H _{air}	= 3 m
P : L	= 2 : 1

Perhitungan Removal

Untuk mendapat efisiensi removal COD dapat diplotkan pada Gambar 2.4 (Grafik removal COD pada *settler*).

SS _{settler} /COD ratio	= 0,78
COD removal	= $((\text{SS}/\text{COD})/0,6 \times (\text{td} - 1) \times 0,1/2) + 0,3$ = $0,78/0,6 \times (3-1) \times 0,1/2 + 0,3$ = 43%
BOD/COD removal	= 1,06 (COD removal < 50%)
BOD removal	= BOD/COD removal \times COD removal = $1,06 \times 43\%$ = 45,58%

Persentase removal TSS dapat diketahui berdasarkan grafik tipikal removal BOD dan TSS. Grafik dapat dilihat pada Gambar 5.3. Hubungan waktu detensi dan removal TSS pada kurva tersebut dapat dimodelkan dengan persamaan:

$$R = t / (a + bt)$$

Dimana:

R : removal TSS (%)

t : waktu detensi (jam)

$$a = 0,0075$$

$$b = 0,014$$

Dengan persamaan tersebut, maka removal TSS pada bak pengendap awal dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned}\text{TSS removal} &= td / (0,014 + 0,0075 \text{ td}) \\ &= 3 / (0,014 + (0,0075 \times 3)) \\ &= 82,19\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD out} &= \text{COD in} \times (1 - \text{COD removal}) \\ &= 268 \times (1 - 43\%) \\ &= 152,76 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BOD out} &= \text{BOD in} \times (1 - \text{BOD removal}) \\ &= 162 \times (1 - 45,58\%) \\ &= 88,16 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

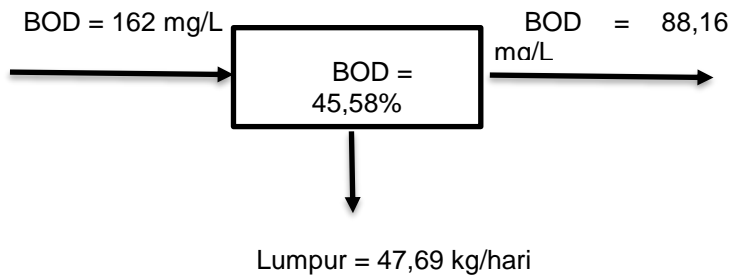
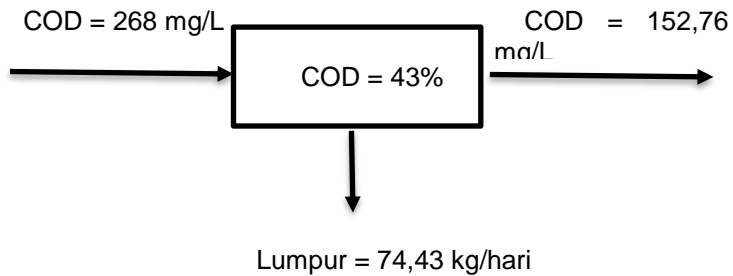
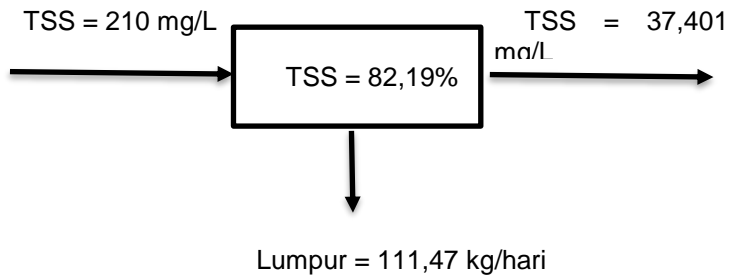
$$\begin{aligned}\text{TSS out} &= \text{TSS in} \times (1 - \text{TSS removal}) \\ &= 210 \times (1 - 82,19\%) \\ &= 37,401 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa TSS} &= \text{TSS removal} \times \text{TSS in} \times Q \text{ limbah} \\ &= 82,19\% \times 210 \text{ mg/L} \times 645,84 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 111,47 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa COD} &= \text{COD removal} \times \text{COD in} \times Q \text{ limbah} \\ &= 43\% \times 268 \text{ mg/L} \times 645,84 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 74,43 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa BOD} &= \text{BOD removal} \times \text{BOD in} \times Q \text{ limbah} \\ &= 45,58\% \times 162 \text{ mg/L} \times 645,84 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 47,69 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Diagram kesetimbangan massa dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 5. 8 Kestimbangan massa TSS, COD, dan BOD

Dimensi Bak Pengendap

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pengendapan} &= t_d \times Q_{\text{peak}} \\
 &= 3 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \times 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 26,91 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / H_{\text{air}} \\
 &= 26,91 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 8,97 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= \sqrt{\frac{A_s}{2}} \\
 &= \sqrt{\frac{8,97}{2}} \\
 &= 2,12 \text{ m} \approx 2,2 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 2 \times L \\
 &= 2 \times 2,2 \\
 &= 4,4 \text{ m} \\
 \text{Freeboard} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Volume cek} &= P \times L \times H_{\text{air}} \\
 &= 4,4 \times 2,2 \times 3 \\
 &= 29,04 \text{ m}^3 \\
 T_d \text{ cek} &= \text{Volume} / Q_{\text{peak}} \\
 &= 29,04 \text{ m}^3 / 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 11.654,90 \text{ detik} = 3,24 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dimensi Ruang Lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Periode pengurasan} &= 6 \text{ bulan} \\
 \text{Stabilisasi solid} &= 80\% \\
 \text{Kadar solid lumpur} &= 5\% \\
 \rho_{\text{air}} &= 1 \text{ kg/L} \\
 \text{Massa solid} &= \text{massa TSS} \times 6 \text{ bulan} \times (100\% - 80\%) \\
 &= 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik} \times 0,21 \text{ kg/m}^3 \times 6 \text{ bulan} \times 30 \text{ hari} \times (100\% - 80\%) \\
 &= 1356,23 \text{ kg} \\
 \text{Densitas lumpur} &= \frac{(5\% \times 2.65 \text{ kg/L}) + (95\% \times 1 \text{ kg/L})}{100\%} \\
 &= 1,0825 \text{ kg/L} \\
 \text{Volume lumpur} &= \text{massa solid} / \text{densitas lumpur} \\
 &= 1356,23 \text{ kg} / 1,0825 \text{ kg/L} \\
 &= 1252,9 \text{ L} \\
 &= 1,25 \text{ m}^3 \\
 \text{Panjang} &= \text{Panjang Bak Pengendap}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,4 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= \text{Lebar Bak Pengendap} \\
 &= 2,2 \text{ m} \\
 H_{\text{Lumpur}} &= \text{Volume lumpur} / \text{As} \\
 &= 1,25 \text{ m}^3 / (4,4 \times 2,2) \text{ m}^2 \\
 &= 0,13 \text{ m} \approx 0,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimensi Zona Pengendap dan Ruang Lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 4,4 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 2,2 \text{ m} \\
 H_{\text{air+lumpur}} &= 3,25 \text{ m} \\
 \text{Freeboard} &= 0,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Kompartemen *Baffled Reactor*

Kompartemen *baffled reactor* direncanakan terbagi menjadi 3 unit secara paralel setelah melalui bak pengendapan. Tujuan dari pembagian *baffled reactor* untuk memenuhi desain kriteria dari ABR melihat debit yang masuk besar. Debit masuk yang besar dapat membuat dimensi bangunan terlalu besar dan mengurangi efisiensi pengolahan air limbah.

Influen *baffled reactor*

$$\begin{aligned}
 \text{BOD} &= 88,16 \text{ mg/L} \\
 \text{COD} &= 152,76 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS} &= 37,4 \text{ mg/L} \\
 \text{Jumlah } \textit{baffled reactor} &= 3 \\
 Q \text{ peak tiap unit} &= 212,93 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Direncanakan

$$\begin{aligned}
 \text{HRT} &= 6 \text{ jam (kriteria 6 – 24 jam)} \\
 \text{Kedalaman (H)} &= \text{Kedalaman bak pengendap} \\
 &= 3,25 \text{ m} \\
 \text{Upflow velocity (} v_{\text{up}} \text{)} &= < 1 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

Dimensi *Baffled Reactor*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{baffled reactor} &= Q \text{ peak tiap unit} \times \text{HRT} \\
 &= 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik} \times 6 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \\
 &= 53,8 \text{ m}^3 \\
 \text{Panjang kompartemen} &= 0,5 \times H \\
 &= 0,5 \times 3,25 \text{ m} \\
 &= 1,63 \text{ m (upflow chamber)}
 \end{aligned}$$

P downflow chamber = 0,25 m
 Lebar kompartemen = 2,2 m
 Luas permukaan (As) = Volume ABR / H
 = $53,8 \text{ m}^3 / 3,25 \text{ m}$
 = $16,6 \text{ m}^2$
Upflow velocity (V_{up}) = Q / A_s
 = $0,0025 \text{ m}^3/\text{detik} / 16,6 \text{ m}^2$
 = $0,00015 \text{ m}/\text{detik}$
 = $0,54 \text{ m}/\text{jam}$ (memenuhi)
 Volume kompartemen = $P \times L \times H$
 = $(1,63+0,25) \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 3,25 \text{ m}$
 = $13,442 \text{ m}^3$
 Jumlah kompartemen = Volume ABR / Volume kompartemen
 = $53,8 \text{ m}^3 / 13,442 \text{ m}^3$
 = 4 kompartemen
 HRT cek = Volume baffled reactor / Q tiap unit
 = $(13,442 \text{ m}^3 \times 4) / 212,93 \text{ m}^3/\text{hari}$
 = 0,25 hari
 = 6 jam (memenuhi)

Dimensi Kompartemen Anaerobic Baffled Reactor

Panjang = 1,88 m
 Lebar = 2,2 m
 H = 3,25 m
 Jumlah kompartemen = 4

Perhitungan Removal

Organic Loading Rate = $\text{COD in} \times Q / (n \times \text{vol kompartemen})$
 = $\frac{152,76 \text{ mg}/\text{L} \times 215,3 \text{ m}^3/\text{hari}}{4 \times 13,442 \text{ m}^3}$
 = $0,61 \text{ kg BOD}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$
 Faktor *overload* = 1 (beban BOD per hari < 15)
 Faktor *strength* = $(\text{COD in} \times \frac{0,17}{2000}) + 0,87$
 = 0,884
 Faktor suhu = $(\text{suhu} - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1$
 = $(28 - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1$
 = 1,048

Faktor HRT	$= (\text{HRT} - 10) \times \left(\frac{0,13}{10}\right) + 0,82$ $= 0,572$
Removal teoritis	$= f\text{-overload} \times f\text{-strength} \times f\text{-temp} \times f\text{-HRT}$ $= 1 \times 0,884 \times 1,048 \times 0,57$ $= 0,53$
Removal COD	$= \text{Removal teoritis} \times (n \times 0,04 + 0,82)$ $= 0,53 \times (4 \times 0,04 + 0,82)$ $= 0,56$
Efluen COD	$= (1 - \text{Removal COD}) \times \text{COD}_{\text{input baffled reactor}}$ $= (1 - 0,53) \times 170,18 \text{ mg/L}$ $= 67,04 \text{ mg/L}$
Produksi biogas	$= \frac{(\text{COD in} - \text{COD removal settler}) \times Q \times 0,35 / 1000}{0,7 \times 0,5}$ $= 43,21 \text{ m}^3/\text{hari}$
Efluen BOD	$= (1 - \text{factor HRT}) \times \text{BOD in}$ $= (1 - 0,572) \times 88,16 \text{ mg/L}$ $= 38 \text{ mg/L}$

e. **Anaerobic Filter**

Perhitungan anaerobic filter ini meliputi dimensi bak pengendap, ruang lumpur, dimensi kompartemen, dimensi tangki filter, jumlah kompartemen serta factor removal COD. Media filter yang digunakan adalah sarang tawon dengan luas spesifik 150 – 220 m²/m³ dan porositas 98%.

Influen *anaerobic filter*

COD	$= \text{efluen COD pada ABR}$ $= 67,04 \text{ mg/L}$
BOD	$= \text{efluen BOD pada ABR}$ $= 38 \text{ mg/L}$
Jumlah <i>anaerobic filter</i>	$= 3$
Q peak tiap unit	$= 215,3 \text{ m}^3/\text{hari}$ $= 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik}$

Dimensi Kompartemen AF

HRT	$= 1,5 \text{ hari}$
H	$= \text{Kedalaman ABR}$
	$= 3,25 \text{ m}$
Volume AF	$= Q \times \text{HRT}$

$$\begin{aligned}
 &= 215,2 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,5 \text{ hari} \\
 &= 322,92 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / H \\
 &= 322,92 \text{ m}^3 / 3,25 \text{ m} \\
 &= 99,36 \text{ m}^2 \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= \text{Volume AF} / (\text{As} \times H) \\
 &= 322,92 \text{ m}^3 / (99,36 \text{ m}^2 \times 3,25 \text{ m}) \\
 &= 1 \\
 \text{Panjang} &= \text{panjang ABR} \\
 &= 1,63 \text{ m (upflow chamber)} \\
 P \text{ downflow chamber} &= 0,25 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= \text{lebar ABR} \\
 &= 2,2 \text{ m} \\
 \text{Volume kompartemen} &= P \times L \times H \\
 &= (1,63 + 0,25) \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 3,25 \text{ m} \\
 &= 13,442 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi Tangki Filter

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= \text{Lebar kompartemen AF} \\
 &= 2,2 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= \text{Panjang kompartemen AF} - 0,25 \text{ m} \\
 &= 1,63 \text{ m} \\
 \text{Penyangga} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Tinggi media filter (h)} &= H - \text{penyangga} - 0,4 \text{ m} \\
 &= 3,4 \text{ m} - 0,8 \text{ m} - 0,4 \text{ m} \\
 &= 2,05 \text{ m} \\
 \text{Volume tangki media} &= P \times L \times H \\
 &= (1,7 \times 2 \times 2,2) \text{ m}^3 \\
 &= 7,35 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan Removal

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor } temperature &= (T-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= (28-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= 1,048 \\
 \text{Faktor } strength &= (\text{CODin} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= (74,85 \text{ mg/L} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= 0,88 \\
 \text{Faktor HRT} &= ((\text{HRT} - 33) \times ((0,09/67)) + 0,7 \\
 &= (36 - 33) \times ((0,09/67)) + 0,7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,7 \\
 \text{Faktor surface} &= 1,06 \text{ (surface} \geq 200 \text{ m}^2/\text{m}^3\text{)} \\
 \text{COD removal} &= f_{\text{temp}} \times f_{\text{strength}} \times f_{\text{HRT}} \times f_{\text{surface}} \times (1 + (n \times 0,04)) \\
 &= 1,048 \times 0,88 \times 0,7 \times 1,06 \times (1 + (1 \times 0,04)) \\
 &= 0,71 \\
 \text{Efluen COD} &= \text{COD}_{\text{in}} \times (1 - \text{COD removal}) \\
 &= 67,04 \text{ mg/L} \times (1 - 0,73) \\
 &= 19,29 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD removal} &= \text{BOD/COD removal factor} \times \text{COD}_{\text{rem}} \\
 &= 1,1146 \times 0,71 \\
 &= 0,79 \\
 \text{Efluen BOD} &= (1 - \text{BOD removal}) \times \text{BOD}_{\text{in}} \\
 &= 0,79 \times 38 \text{ mg/L} \\
 &= 7,98 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen Anaerobic Filter

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 1,88 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 2,2 \text{ m} \\
 \text{H} &= 3,25 \text{ m} \\
 \text{Tinggi media} &= 2,05 \text{ m} \\
 \text{Panjang media} &= 1,63 \text{ m} \\
 \text{Lebar media} &= 2,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

f. Kebutuhan Nutrien

Air limbah membutuhkan penambahan nitrogen dan fosfor untuk menunjang pertumbuhan bakteri anaerobik. Pada influen direkomendasikan rasio COD:N:P adalah 600:5:1 selama *start up* dan 300:5:1 selama operasi dalam jangka panjang (Tchobanoglous, 2014).

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio COD:N:P} &= 300:5:1 \\
 \text{COD in} &= 268 \text{ mg/L} \\
 \text{COD out} &= 19,29 \text{ mg/L} \\
 \text{COD tersisihkan} &= \text{COD in} - \text{COD out} \\
 &= 268 - 19,29 \\
 &= 248,71 \text{ mg/L} \\
 \text{Kebutuhan N} &= (5/300) \times \text{COD tersisihkan} \\
 &= (5/300) \times 248,71 \text{ mg/L} \\
 &= 4,15 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan P} &= (1/300) \times \text{COD tersisihkan} \\
 &= (1/300) \times 248,71 \text{ mg/L} \\
 &= 0,83 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

g. Profil Hidrolis

Aliran air mengalami belokan dan jatuhan saat menuju unit selanjutnya. Perhitungan kehilangan tekanan akibat jatuhan dan belokan didasarkan pada **persamaan Manning**, yaitu:

$$H_f = \left(\frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L$$

Dimana:

v : kecepatan aliran (m/s)

n : koefisien kekasaran

R : jari-jari hidrolis (m)

L : panjang jatuhan atau belokan (m)

Kehilangan tekanan akibat kecepatan aliran pada unit-unit IPAL ditentukan berdasarkan **persamaan Darcy-Weisbach**, yaitu:

$$H_f = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$f = 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$$

Dimana:

L : panjang bangunan (m)

R : jari-jari hidrolis (m)

v : kecepatan aliran (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

Sedangkan kehilangan tekanan dalam media filter sarang tawon ditentukan berdasarkan **persamaan Rose** sebagai berikut:

$$H_f = 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g}$$

$$N_{Re} = \frac{\Psi \rho d v}{\mu}$$

$$\text{Untuk } N_{Re} < 1 \quad : C_D = \frac{24}{N_{Re}}$$

$$\text{Untuk } 1 < N_{Re} < 10^4 : C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

Untuk $N_{Re} > 10^4$: $C_D = 0,4$

Dimana:

L : kedalaman filter (m)

e : porositas media

v : kecepatan filtrasi (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

d : ukuran rongga media (m)

ψ : faktor bentuk

μ : viskositas dinamis (kg/m.s)

ρ : massa jenis (kg/m^3)

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk IPAL Cluster 1 dapat dilihat pada Tabel 5.28

Tabel 5. 9 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 2

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
			0,0
Bak Pengendap			6,15
	Hf kecepatan	0,0000128	6,1499872
Baffled reactor			
Kompartemen 1			6,1499872
	Hf jatuhan	0,0001230	6,1498641
	Hf kecepatan	0,0000099	6,1498542
	Hf belokan	0,0000130	6,1498412
Kompartemen 2			6,1498412
	Hf jatuhan	0,0001230	6,1497182
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1497066
	Hf belokan	0,0000130	6,1496936
Kompartemen 3			6,1496936
	Hf jatuhan	0,0001230	6,1495705
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1495589
	Hf belokan	0,0000130	6,1495459

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
			6,1495459
Kompartemen 4	Hf jatuhan	0,0001230	6,1494229
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1494113
	Hf belokan	0,0000130	6,1493983
Anaerobic Filter			
Kompartemen 1			6,1493983
	Hf jatuhan	0,0001230	6,1492752
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1492636
	Hf media filter	0,0000290	6,1492347
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1492231
Outlet			6,1492231

5.2.6 IPAL Cluster 3

Berbeda dengan desain IPAL cluster lainnya, unit IPAL pada cluster 3 ini dibuat tipikal dengan kapasitas pelayanan 100 – 150 KK. Hal ini disebabkan tidak adanya lahan kosong yang dapat dimanfaatkan sehingga IPAL akan dibangun di bawah jalan.

a. Sumur Pengumpul

Sebelum air limbah masuk ke instalasi pengolahan, air limbah ditampung terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuan perencanaan sumur pengumpul ini untuk mencegah semakin dalamnya bangunan unit pengolah air limbah akibat penanaman pipa akhir yang dalam. Selanjutnya air limbah akan dipompa menuju unit pengolahan air limbah. Sumur pengumpul direncanakan berjumlah 1 unit dilengkapi dengan 1 buah *submersible pump*.

Dimensi

Q peak	= 0,0015 m ³ /detik = 1,5 L/detik
Td	= 5 menit = 300 detik
Elevasi tanah	= + 5,5 m
Elevasi pipa akhir	= + 0,69 m
Volume	= Qpeak x td

	$= 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} \times 300 \text{ detik}$
	$= 2,24 \text{ m}^3$
H	$= 1 \text{ m (ditetapkan)}$
P:L	$= 1 : 1$
Luas permukaan	$= \text{Volume} / H$
	$= 2,24 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}$
	$= 2,24 \text{ m}^2$
Lebar	$= 1,5 \text{ m}$
Panjang	$= 1,5 \text{ m}$
Td cek	$= \text{Volume} / Q \text{ peak}$
	$= (1,5 \times 1,5 \times 2) \text{ m}^3 / 0,00747 \text{ m}^3/\text{detik}$
	$= 300 \text{ detik}$
	$= 5 \text{ menit (memenuhi)}$
Freeboard	$= 0,4 \text{ m}$

Diameter pipa discharge

v asumsi pada pipa	$= 1 \text{ m/detik}$
Q	$= 0,00747 \text{ m}^3/\text{detik}$
Luas permukaan (A)	$= Q / v$
	$= 0,00747 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik}$
	$= 0,00747 \text{ m}^2$
Diameter pipa (D)	$= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$
	$= \sqrt{\frac{4 \times 0,00747 \text{ m}^2}{\pi}}$
	$= 0,097 \text{ m} \approx 0,1 \text{ m}$
v cek	$= Q / A$
	$= 0,00747 / (\frac{1}{4} \times \pi \times 0,1^2)$
	$= 0,95 \text{ m/detik}$
Jumlah pipa discharge	$= 1$
Head statis	$= 4,91 \text{ m}$
L pipa discharge	$= 7,91 \text{ m}$

Headloss

Hf discharge	$= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L$
	$= \left(\frac{0,0067}{0,00155 \times 110 \times 10^{2,63}} \right)^{1,85} \times 7,91$
	$= 0,00000034 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 \text{Head velocity} &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,95^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,046 \text{ m} \\
 \text{Hf minor belokan} &= k \left(\frac{v^2}{2g} \right) \\
 &= 0,094 \text{ m} \\
 \text{Head total} &= H_{\text{statis}} + H_{\text{f discharge}} + H_{\text{velocity}} + H_{\text{f minor belokan}} \\
 &= (4,91 + 0,00000034 + 0,046 + 0,094) \text{ m} \\
 &= 5,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pompa

Berdasarkan perhitungan sumur pengumpul ini, maka diperoleh spesifikasi pompa *submersible* sebagai berikut

Jumlah	= 1 unit
Merk	= Ebara
Tipe	= 80 DVS 5.75 Submersible Semi Vortex
Total Head	= 3,8 m
Motor output	= 0,75 kW
Ødischarge	= 80 mm

b. Saluran Penerima / Inlet

Sebelum masuk ke unit IPAL, air limbah diterima terlebih dahulu oleh saluran penerima. Air limbah yang dari saluran penerima selanjutnya akan melimpah ke bak pengendap. Tujuannya agar debit yang masuk dapat tersebar merata ke unit pengolahan dan meminimalisir terjadinya *dead zone*.

Direncanakan :

Saluran terbuat dari beton, kekasaran (n) = 0.015

Panjang saluran (P) = 0,3 m

L = lebar BP
= 1,5 m

H air = 0,25 m

Cek td untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan untuk air limbah berada pada saluran sebelum melimpah menuju ke bak pengendap.

Td = volume/ Q
= (P x L x H) / Q

$$\begin{aligned}
 &= (0,3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 0,25\text{m}) / 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 75 \text{ detik} \\
 &= 1,25 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Jari – jari hidrolis saluran

$$\begin{aligned}
 R &= (L \times H) / (L + 2H) \\
 &= (1,5\text{m} \times 0,25\text{m}) / (1,5 + (2 \times 0,25\text{m})) \\
 &= 0,1875 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kehilangan tekanan (Hf)

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \left(\frac{hf}{P} \right)^{1/2}$$

$$0,1 = \frac{1}{0,015} (0,1875)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{hf}{0,3} \right)^{1/2}$$

$$Hf = 0,000006\text{m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss kecepatan} &= v^2/2g \\
 &= 0,1^2 / 2 (9,81) \\
 &= 0,0005\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Headloss total} = 0,000006\text{m} + 0,0005\text{m} = 5,06 \times 10^{-4}\text{m}$$

c. Anaerobic Baffled Reactor

- Bak Pengendap

Influen Bak Pengendap

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah KK} &= 150 \text{ KK (asumsi 1KK = 4orang)} \\
 \text{Jumlah penduduk} &= 600 \text{ orang} \\
 \text{Q rata-rata} &= 600 \text{ orang} \times 180,6\text{L/orang/hari} \times 80\% \\
 &= 86,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,001 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Faktor peak} &= (18 + p^{0.5}) / (4 + p^{0.5}) \\
 &= (18 + 600^{0.5}) / (4 + 600^{0.5}) \\
 &= 1,5 \\
 \text{Q peak} &= \text{Q rata-rata} \times \text{factor peak} \\
 &= 86,88 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,5 \\
 &= 130,32 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{COD} &= 268 \text{ mg/L} = 0,268 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{BOD} &= 162 \text{ mg/L} = 0,162 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{TSS} &= 210 \text{ mg/L} = 0,21\text{kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Direncanakan

$$\begin{aligned}
 \text{Q peak} &= 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Waktu detensi (td)} &= 2 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Interval pengurasan = 12 bulan
 H_{air} = 2,5 m
 $P : L$ = 2 : 1

Perhitungan Removal

Untuk mendapat efisiensi removal COD dapat diplotkan pada Gambar 2.4 (Grafik removal COD pada *settler*).

$SS_{settler}/COD$ ratio = 0,78
 COD removal = $((SS/COD)/0,6 \times (td - 1) \times 0,1/2) + 0,3$
 = $0,78/0,6 \times (2-1) \times 0,1/2 + 0,3$
 = 36,5%
 BOD/COD removal = 1,06 (COD removal < 50%)
 BOD removal = BOD/COD removal \times COD removal
 = $1,06 \times 36,5\%$
 = 38,69%

Persentase removal TSS dapat diketahui berdasarkan grafik tipikal removal BOD dan TSS. Grafik dapat dilihat pada Gambar 5.3. Hubungan waktu detensi dan removal TSS pada kurva tersebut dapat dimodelkan dengan persamaan:

$$R = t / (a + bt)$$

Dimana:

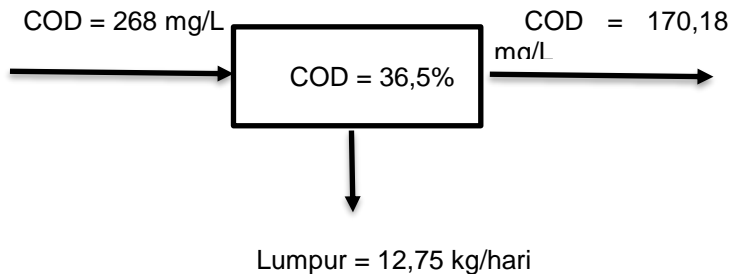
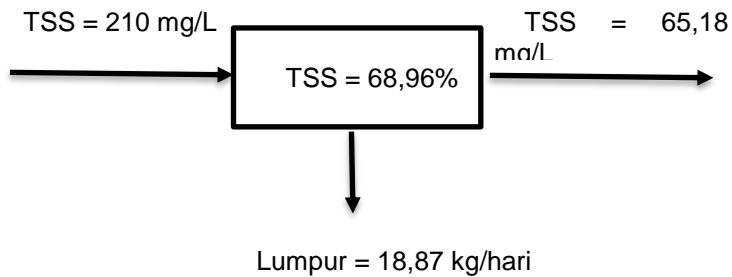
R : removal TSS (%)
 t : waktu detensi (jam)
 a = 0,0075
 b = 0,014

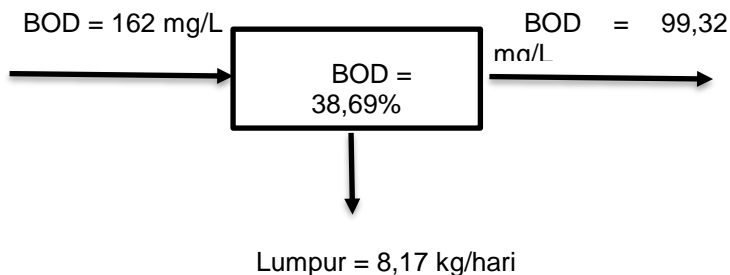
Dengan persamaan tersebut, maka removal TSS pada bak pengendap awal dapat dihitung seperti berikut.

TSS removal = $td / (0,014 + 0,0075 \times td)$
 = $2 / (0,014 + (0,0075 \times 2))$
 = 68,96%
 COD out = COD in \times (1 – COD removal)
 = $268 \times (1 - 36,5\%)$
 = 170,18 mg/L
 BOD out = BOD in \times (1 – BOD removal)
 = $162 \times (1 - 38,69\%)$
 = 99,32 mg/L
 TSS out = TSS in \times (1 – TSS removal)
 = $210 \times (1 - 68,96\%)$

$$\begin{aligned}
 &= 65,18 \text{ mg/L} \\
 \text{Massa TSS} &= \text{TSS removal} \times \text{TSS in} \times Q \text{ limbah} \\
 &= 68,96\% \times 210 \text{ mg/L} \times 130,32 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 18,87 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa COD} &= \text{COD removal} \times \text{COD in} \times Q \text{ limbah} \\
 &= 36,5\% \times 268 \text{ mg/L} \times 130,32 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 12,75 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa BOD} &= \text{BOD removal} \times \text{BOD in} \times Q \text{ limbah} \\
 &= 38,69\% \times 162 \text{ mg/L} \times 130,32 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 8,17 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Diagram kesetimbangan massa dapat dilihat pada gambar di bawah ini





Gambar 5. 9 Keseimbangan massa TSS, COD, dan BOD

Dimensi Bak Pengendap

$$\begin{aligned} \text{Volume pengendapan} &= t_d \times Q_{\text{peak}} \\ &= 2 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \times 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 10,86 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / H_{\text{air}} \\ &= 26,91 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\ &= 4,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= \sqrt{\frac{As}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{3,62}{2}} \\ &= 1,47 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 2 \times L \\ &= 2 \times 1,5 \\ &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Freeboard} = 0,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cek} &= P \times L \times H_{\text{air}} \\ &= 3 \times 1,5 \times 2,5 \\ &= 11,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d \text{ cek} &= \text{Volume} / Q_{\text{peak}} \\ &= 11,25 \text{ m}^3 / 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 7458,56 \text{ detik} = 2,07 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dimensi Ruang Lumpur

$$\text{Periode pengurasan} = 12 \text{ bulan}$$

Stabilisasi solid	= 80%
Kadar solid lumpur	= 5%
p air	= 1 kg/L
Massa solid	= massa TSS x 12 bulan x (100%-80%) = 0,0015 m ³ /detik x 0,21kg/m ³ x 12 bulan x 30 hari x (100%-80%) = 1377,69 kg
Densitas lumpur	= $\frac{(5\% \times 2.65 \text{ kg/L}) + (95\% \times 1 \text{ kg/L})}{100\%}$ = 1,0825 kg/L
Volume lumpur	= massa solid / densitas lumpur = 1377,69 kg / 1,0825 kg/L = 1272,7 L = 1,27 m ³
Panjang	= Panjang Bak Pengendap = 3 m
Lebar	= Lebar Bak Pengendap = 1,5 m
H _{Lumpur}	= Volume lumpur / As = 1,25 m ³ / (3 x 1,5) m ² = 0,28m ≈ 0,3 m

Unit IPAL untuk cluster 3 dirancang memiliki kapasitas pelayanan 100 – 150 KK. Perhitungan desain menggunakan debit 150 KK, sehingga perlu diketahui efisiensi desain unit apabila debitnya lebih kecil.

- d. Debit 100 KK = 1,099 L/hari = 0,0011 m³/detik
e. Td = Volume / Q
= (3 x 1,5 x 2,8) m³ x 0,0011 m³/detik
= 10233 detik
= 2,84 jam (Memenuhi)

Dimensi Zona Pengendap dan Ruang Lumpur

Panjang	= 3 m
Lebar	= 1,5 m
H _{air+lumpur}	= 2,8 m
Freeboard	= 0,4 m

f. Kompartemen *Baffled Reactor*

Kompartemen *baffled reactor* direncanakan terbagi menjadi 3 unit secara paralel setelah melalui bak pengendapan. Tujuan dari pembagian *baffled reactor* untuk memenuhi desain kriteria dari ABR melihat debit yang masuk besar. Debit masuk yang besar dapat membuat dimensi bangunan terlalu besar dan mengurangi efisiensi pengolahan air limbah.

Influen *baffled reactor*

BOD	= 88,16 mg/L
COD	= 152,76mg/L
TSS	= 37,4 mg/L
Jumlah <i>baffled reactor</i>	= 3
Q peak tiap unit	= 212,93 m ³ /hari
	= 0,0025 m ³ /detik

Direncanakan

HRT	= 6 jam (kriteria 6 – 24 jam)
Kedalaman (H)	= Kedalaman bak pengendap
	= 2,8 m
<i>Upflow velocity</i> (v_{up})	= <1 m/jam

Dimensi Baffled Reactor

Volume <i>baffled reactor</i>	= Q peak tiap unit x HRT
	= 0,0025 m ³ /detik x 6 jam x 3600 detik
	= 32,6 m ³
Panjang kompartemen	= 0,5 x H
	= 0,5 x 2,8 m
	= 1,4 m (<i>upflow chamber</i>)
P <i>downflow chamber</i>	= 0,25 m
Lebar kompartemen	= 1,5 m
Luas permukaan (As)	= Volume ABR / H
	= 3,26 m ³ / 2,8 m
	= 11,6 m ²
<i>Upflow velocity</i> (V_{up})	= Q / As
	= 0,0025 m ³ /detik / 16,6 m ²
	= 0,00013 m/detik
	= 0,47 m/jam (memenuhi)
Volume kompartemen	= P x L x H
	= (1,4+0,25) m x 1,5 m x 2,8 m
	= 6,93 m ³
Jumlah kompartemen	= Volume ABR / Volume kompartemen

$$\begin{aligned}
 &= 32,6 \text{ m}^3 / 6,93 \text{ m}^3 \\
 &= 5 \text{ kompartemen} \\
 \text{HRT cek} &= \text{Volume baffled reactor} / Q \text{ peak} \\
 &= (6,93 \text{ m}^3 \times 5) / 86,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,27 \text{ hari} \\
 &= 6,4 \text{ jam (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen Anaerobic Baffled Reactor

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 1,65 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{H} &= 2,8 \text{ m} \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= 5
 \end{aligned}$$

Perhitungan Removal

$$\begin{aligned}
 \text{Organic Loading Rate} &= \text{COD in} \times Q / (n \times \text{vol kompartemen}) \\
 &= \frac{170,18 \text{ mg/L} \times 86,88 \text{ m}^3/\text{hari}}{4 \times 6,93 \text{ m}^3} \\
 &= 0,68 \text{ kg BOD/m}^3.\text{hari} \\
 \text{Faktor overload} &= 1 \text{ (beban BOD per hari} < 15) \\
 \text{Faktor strength} &= (\text{COD in} \times \frac{0,17}{2000}) + 0,87 \\
 &= 0,884 \\
 \text{Faktor suhu} &= (\text{suhu} - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1 \\
 &= (28 - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1 \\
 &= 1,048 \\
 \text{Faktor HRT} &= (\text{HRT} - 10) \times (\frac{0,13}{10}) + 0,82 \\
 &= 0,595 \\
 \text{Removal teoritis} &= f\text{-overload} \times f\text{-strength} \times f\text{-temp} \times f\text{-HRT} \\
 &= 1 \times 0,884 \times 1,048 \times 0,595 \\
 &= 0,55 \\
 \text{Removal COD} &= \text{Removal teoritis} \times (n \times 0,04 + 0,82) \\
 &= 0,535 \times (5 \times 0,04 + 0,82) \\
 &= 0,56 \\
 \text{Efluen COD} &= (1 - \text{Removal COD}) \times \text{COD}_{\text{input baffled reactor}} \\
 &= (1 - 0,56) \times 170,18 \text{ mg/L} \\
 &= 74,43 \text{ mg/L} \\
 \text{Produksi biogas} &= \frac{(\text{COD in} - \text{COD removal settler}) \times Q \times 0,35 / 1000}{0,7 \times 0,5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efluen BOD} &= 8,72 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= (1 - \text{factor HRT}) \times \text{BOD in} \\
 &= (1 - 0,595) \times 99,32 \text{ mg/L} \\
 &= 40,2 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Unit IPAL untuk cluster 3 dirancang memiliki kapasitas pelayanan 100 – 150 KK. Perhitungan desain menggunakan debit 150 KK, sehingga perlu diketahui efisiensi desain unit apabila debitnya lebih kecil. Untuk baffled reactor, pengecekan dilakukan terhadap *upflow velocity* dan HRT.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit 100 KK} &= 1,099 \text{ L/hari} = 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 V \text{ up} &= Q / A_s \\
 &= 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik} / (1,65 \times 1,5) \text{ m}^2 \\
 &= 0,34 \text{ m/jam (memenuhi)} \\
 \text{HRT} &= \text{Volume ABR} / Q \\
 &= (6,93 \text{ m}^3 \times 5) / 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 8,755 \text{ jam (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

g. Anaerobic Filter

Perhitungan anaerobic filter ini meliputi dimensi bak pengendap, ruang lumpur, dimensi kompartemen, dimensi tangki filter, jumlah kompartemen serta factor removal COD. Media filter yang digunakan adalah sarang tawon dengan luas spesifik 150 – 220 m²/m³ dan porositas 98%.

Influen anaerobic filter

$$\begin{aligned}
 \text{COD} &= \text{efluen COD pada ABR} \\
 &= 74,43 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD} &= \text{efluen BOD pada ABR} \\
 &= 40,2 \text{ mg/L} \\
 \text{Q peak tiap unit} &= 86,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen AF

$$\begin{aligned}
 \text{HRT} &= 1,5 \text{ hari} \\
 \text{H} &= \text{Kedalaman ABR} \\
 &= 2,8 \text{ m} \\
 \text{Volume AF} &= Q \times \text{HRT}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 86,88 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,5 \text{ hari} \\
 &= 195,48 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / H \\
 &= 195,48 \text{ m}^3 / 2,8 \text{ m} \\
 &= 69,81 \text{ m}^2 \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= \text{Volume AF} / (\text{As} \times H) \\
 &= 195,48 \text{ m}^3 / (69,81 \text{ m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \\
 &= 1 \\
 \text{Panjang} &= \text{panjang ABR} \\
 &= 1,4 \text{ m (upflow chamber)} \\
 P \text{ downflow chamber} &= 0,25 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= \text{lebar ABR} \\
 &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Volume kompartemen} &= P \times L \times H \\
 &= (1,4 + 0,25) \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} \\
 &= 6,93 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi Tangki Filter

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= \text{Lebar kompartemen AF} \\
 &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= \text{Panjang kompartemen AF} - 0,25 \text{ m} \\
 &= 1,4 \text{ m} \\
 \text{Penyangga} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Tinggi media filter (h)} &= H - \text{penyangga} - 0,4 \text{ m} \\
 &= 2,8 \text{ m} - 0,8 \text{ m} - 0,4 \text{ m} \\
 &= 1,6 \text{ m} \\
 \text{Volume tangki media} &= P \times L \times H \\
 &= (1,4 \times 1,5 \times 1,6) \text{ m}^3 \\
 &= 3,36 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Faktor removal COD

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor } temperature &= (T-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= (28-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= 1,048 \\
 \text{Faktor } strength &= (\text{COD}_{in} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= (74,85 \text{ mg/L} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= 0,88 \\
 \text{Faktor HRT} &= ((\text{HRT} - 33) \times ((0,09/67) + 0,7) \\
 &= (36 - 33) \times ((0,09/67) + 0,7)
 \end{aligned}$$

	= 0,66
Faktor <i>surface</i>	= 1,06 ($\text{surface} \geq 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$)
COD removal	= $f_{\text{temp}} \times f_{\text{strength}} \times f_{\text{HRT}} \times f_{\text{surface}} \times (1 + (n \times 0,04))$ = $1,048 \times 0,88 \times 0,66 \times 1,06 \times (1 + (1 \times 0,04))$ = 0,66
Efluen COD	= $\text{COD}_{\text{in}} \times (1 - \text{COD removal})$ = $170,18 \text{ mg/L} \times (1 - 0,66)$ = 25,02 mg/L
BOD removal	= BOD/COD removal factor $\times \text{COD}_{\text{rem}}$ = $1,1016 \times 0,66$ = 0,73
Efluen BOD	= BOD removal $\times \text{BOD}_{\text{in}}$ = $0,73 \times 40,2 \text{ mg/L}$ = 29,22 mg/L

Dimensi Kompartemen Anaerobic Filter

Panjang	= 1,65 m
Lebar	= 1,5 m
H	= 2,8 m
Tinggi media	= 1,6 m
Panjang media	= 1,4 m
Lebar media	= 1,5 m

h. Kebutuhan Nutrien

Air limbah membutuhkan penambahan nitrogen dan fosfor untuk menunjang pertumbuhan bakteri anaerobik. Pada influen direkomendasikan rasio COD:N:P adalah 600:5:1 selama *start up* dan 300:5:1 selama operasi dalam jangka panjang (Tchobanoglous, 2014).

Rasio COD:N:P	= 300:5:1
COD in	= 268 mg/L
COD out	= 19,29 mg/L
COD tersisihkan	= $\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}$ = $268 - 25,02$ = 242,98 mg/L
Kebutuhan N	= $(5/300) \times \text{COD}_{\text{tersisihkan}}$ = $(5/300) \times 242,98 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned}
 &= 4,05 \text{ mg/L} \\
 \text{Kebutuhan P} &= (1/300) \times \text{COD tersisihkan} \\
 &= (1/300) \times 242,98 \text{ mg/L} \\
 &= 0,81 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

i. Profil Hidrolis

Aliran air mengalami belokan dan jatuhan saat menuju unit selanjutnya. Perhitungan kehilangan tekanan akibat jatuhan dan belokan didasarkan pada **persamaan Manning**, yaitu:

$$H_f = \left(\frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L$$

Dimana:

- v : kecepatan aliran (m/s)
- n : koefisien kekasaran
- R : jari-jari hidrolis (m)
- L : panjang jatuhan atau belokan (m)

Kehilangan tekanan akibat kecepatan aliran pada unit-unit IPAL ditentukan berdasarkan **persamaan Darcy-Weisbach**, yaitu:

$$H_f = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$f = 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$$

Dimana:

- L : panjang bangunan (m)
- R : jari-jari hidrolis (m)
- v : kecepatan aliran (m/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s²)

Sedangkan kehilangan tekanan dalam media filter sarang tawon ditentukan berdasarkan **persamaan Rose** sebagai berikut:

$$H_f = 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g}$$

$$N_{Re} = \frac{\Psi \rho d v}{\mu}$$

$$\text{Untuk } N_{Re} < 1 \quad : C_D = \frac{24}{N_{Re}}$$

$$\text{Untuk } 1 < N_{Re} < 10^4 : C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

$$\text{Untuk } N_{Re} > 10^4 : C_D = 0,4$$

Dimana:

L : kedalaman filter (m)

e : porositas media

v : kecepatan filtrasi (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

d : ukuran rongga media (m)

ψ : faktor bentuk

μ : viskositas dinamis (kg/m.s)

ρ : massa jenis (kg/m³)

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk IPAL Cluster 1 dapat dilihat pada Tabel 5.30

Tabel 5. 10 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
			0,0
Bak Pengendap			6,15
	Hf kecepatan	0,0000118	6,1499882
Baffled reactor			
Kompartemen 1			6,1499882
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1498814
	Hf kecepatan	0,0000100	6,1498714
	Hf belokan	0,0000156	6,1498558
Kompartemen 2			6,1498558
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1497490
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1497400
	Hf belokan	0,0000156	6,1497244
Kompartemen 3			6,1497244
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1496175
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1496085

	Hf belokan	0,0000156	6,1495929
			6,1495929
Kompartemen 4	Hf jatuhan	0,0001068	6,1494860
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1494770
	Hf belokan	0,0000156	6,1494614
			6,1494614
Kompartemen 5	Hf jatuhan	0,0001068	6,1493546
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1493455
	Hf belokan	0,0000156	6,1493299
Anaerobic Filter			
Kompartemen 1			6,1493299
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1492231
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1492140
	Hf media filter	0,0000090	6,1492050
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1491959
Outlet			6,1491959

5.2.7 IPAL Cluster 4

Perhitungan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ini meliputi perhitungan unit sumur pengumpul, *anaerobic baffled reactor*, dan *anaerobic filter*.

a. Sumur pengumpul

Sebelum air limbah masuk ke instalasi pengolahan, air limbah ditampung terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuan perencanaan sumur pengumpul ini untuk mencegah semakin dalamnya bangunan unit pengolah air limbah akibat penanaman pipa akhir yang dalam. Selanjutnya air limbah akan dipompa menuju unit pengolahan air limbah. Sumur pengumpul direncanakan berjumlah 1 unit dilengkapi dengan 1 buah *submersible pump*.

Dimensi

Q peak	= 0,02313 m ³ /detik = 23,13 L/detik
Td	= 5 menit = 300 detik
Elevasi tanah	= + 5,5 m
Elevasi pipa akhir	= + 0,47 m
Volume	= Q _{peak} x t _d = 0,02313 m ³ /detik x 300 detik = 6,94 m ³
H	= 1 m (ditetapkan)
P:L	= 1 : 1
Luas permukaan	= Volume / H = 6,93 m ³ / 1 m = 6,94 m ²
Lebar	= 2,6 m
Panjang	= 2,6 m
Td cek	= Volume / Q _{peak} = (2,6 x 2,6 x 1) m ³ / 0,02313 m ³ /detik = 300 detik = 5 menit (memenuhi)
Freeboard	= 0,2 m

Diameter pipa discharge

v asumsi pada pipa	= 1 m/detik
Q	= 0,02313 m ³ /detik
Luas permukaan (A)	= Q / v = 0,02313 m ³ /detik / 1 m/detik = 0,02313 m ²
Diameter pipa (D)	= $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$ = $\sqrt{\frac{4 \times 0,02313 \text{ m}^2}{\pi}}$ = 0,017 m ≈ 0,2 m
v cek	= Q / A = 0,002313 / ($\frac{1}{4} \times \pi \times 0,2^2$) = 0,74 m/detik
Jumlah pipa discharge	= 1
Head statis	= 4,4,8 m
L pipa discharge	= 7,48 m

Headloss

$$\begin{aligned}
H_f \text{ discharge} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
&= \left(\frac{0,0067}{0,00155 \times 110 \times 10^{2,63}} \right)^{1,85} \times 7,48 \\
&= 0,000000253 \text{ m} \\
\text{Head velocity} &= \frac{v^2}{2g} \\
&= \frac{0,74^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,44 \text{ m} \\
H_f \text{ minor belokan} &= k \left(\frac{v^2}{2g} \right) \\
&= 0,885 \text{ m} \\
\text{Head total} &= H_{\text{statis}} + H_f^{\text{discharge}} + H_{\text{velocity}} + H_f^{\text{minor belokan}} \\
&= (4,48 + 0,000000253 + 0,44 + 0,885) \text{ m} \\
&= 5,807 \text{ m}
\end{aligned}$$

Pompa

Berdasarkan perhitungan sumur pengumpul ini, maka diperoleh spesifikasi pompa *submersible* sebagai berikut

Jumlah	= 1 unit
Merk	= Ebara
Tipe	= 80 DVS 53.7S Submersible Semi Vortex
Total Head	= 7 m
Motor output	= 3,3 kW

b. Saluran Penerima / Inlet

Sebelum masuk ke unit IPAL, air limbah diterima terlebih dahulu oleh saluran penerima. Air limbah yang dari saluran penerima selanjutnya akan melimpah ke bak pengendap. Tujuannya agar debit yang masuk dapat tersebar merata ke unit pengolahan dan meminimalisir terjadinya *dead zone*.

Direncanakan :

Saluran terbuat dari beton, kekasaran (n) = 0.015

Panjang saluran (P) = 0,3 m

L = lebar BP x jumlah unit + (tebal dinding x 3)
 $= 3,45 \times 4 + (0,2 \times 3)$
 $= 14,4 \text{ m}$

H air = 0,25 m

Cek td untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan untuk air limbah berada pada saluran sebelum melimpah menuju ke bak pengendap.

$$\begin{aligned} Td &= \text{volume} / Q \\ &= (P \times L \times H) / Q \\ &= (0,3\text{m} \times 14,4\text{m} \times 0,25\text{m}) / 0,02313 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 46,7 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jari – jari hidrolis saluran

$$\begin{aligned} R &= (L \times H) / (L + 2H) \\ &= (14,4\text{m} \times 0,25\text{m}) / (14,4\text{m} + (2 \times 0,25\text{m})) \\ &= 0,24 \text{ m} \end{aligned}$$

Kehilangan tekanan (Hf)

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \left(\frac{hf}{P} \right)^{1/2}$$

$$0,1 = \frac{1}{0,015} (0,24)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{hf}{0,3} \right)^{1/2}$$

$$Hf = 0,000005\text{m}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss kecepatan} &= v^2/2g \\ &= 0,1^2 / 2 (9,81) \\ &= 0,0005\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{Headloss total} = 0,000005\text{m} + 0,0005\text{m} = 5,05 \times 10^{-4}\text{m}$$

c. Anaerobic Baffled Reactor

- Bak Pengendap

Influen Bak Pengendap

$$Q \text{ rata-rata} = 2062,45 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,024 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q \text{ peak} = 2268,7 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,026 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{COD} = 268 \text{ mg/L} = 0,268 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{BOD} = 162 \text{ mg/L} = 0,162 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{TSS} = 210 \text{ mg/L} = 0,210 \text{ kg/m}^3$$

Direncanakan

$$\text{Jumlah bak pengendap} = 4$$

$$Q \text{ peak per bak} = 0,026 \text{ m}^3/\text{detik} / 4 = 0,007 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{Interval pengurasan} = 6 \text{ bulan}$$

$$H_{\text{air}} = 3 \text{ m}$$

$$P : L = 2 : 1$$

Untuk mendapat efisiensi removal COD dapat diplotkan pada Gambar 2.4 (Grafik removal COD pada *settler*).

$$\begin{aligned}
 \text{SS}_{\text{settler}}/\text{COD ratio} &= 0,78 \\
 \text{COD removal} &= ((\text{SS}/\text{COD})/0,6 \times (t_d - 1) \times 0,1/2) + 0,3 \\
 &= 0,78/0,6 \times (3-1) \times 0,1/2 + 0,3 \\
 &= 43\% \\
 \text{BOD/COD removal} &= 1,06 \text{ (COD removal } < 50\%) \\
 \text{BOD removal} &= \text{BOD/COD removal} \times \text{COD removal} \\
 &= 1,06 \times 43\% \\
 &= 45,58\%
 \end{aligned}$$

Persentase removal TSS dapat diketahui berdasarkan grafik tipikal removal BOD dan TSS. Grafik dapat dilihat pada Gambar 5.3. Hubungan waktu detensi dan removal TSS pada kurva tersebut dapat dimodelkan dengan persamaan:

$$R = t / (a + bt)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 R &: \text{removal TSS (\%)} \\
 t &: \text{waktu detensi (jam)} \\
 a &= 0,0075 \\
 b &= 0,014
 \end{aligned}$$

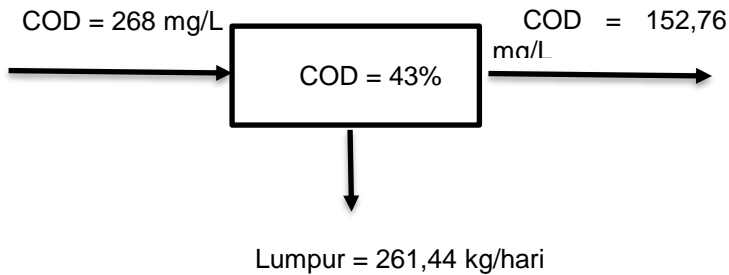
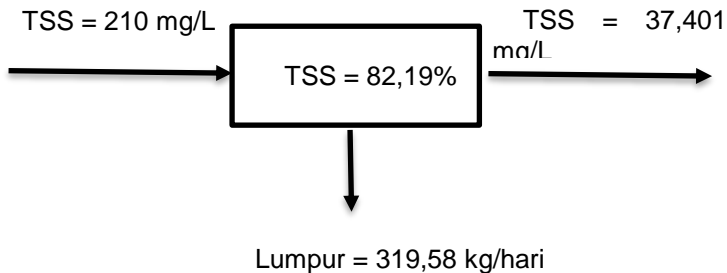
Dengan persamaan tersebut, maka removal TSS pada bak pengendap awal dapat dihitung seperti berikut.

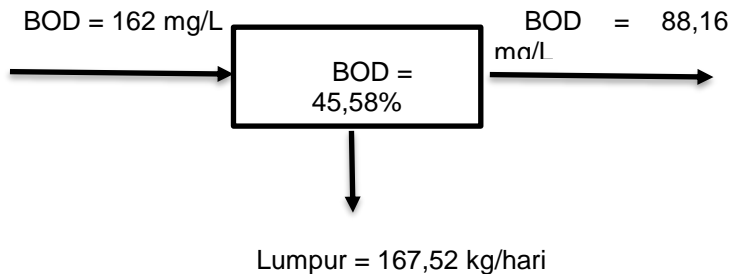
$$\begin{aligned}
 \text{TSS removal} &= t_d / (0,014 + 0,0075 t_d) \\
 &= 3 / (0,014 + (0,0075 \times 3)) \\
 &= 82,19\% \\
 \text{COD out} &= \text{COD in} \times (1 - \text{COD removal}) \\
 &= 268 \times (1 - 43\%) \\
 &= 152,76 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD out} &= \text{BOD in} \times (1 - \text{BOD removal}) \\
 &= 162 \times (1 - 45,58\%) \\
 &= 88,16 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS out} &= \text{TSS in} \times (1 - \text{TSS removal}) \\
 &= 210 \times (1 - 82,19\%) \\
 &= 37,401 \text{ mg/L} \\
 \text{Massa TSS} &= \text{TSS removal} \times \text{TSS in} \times Q \text{ limbah} \\
 &= 82,19\% \times 210 \text{ mg/L} \times 2268,7 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 319,58 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Massa COD = COD removal x COD in x Q limbah
 = 43% x 268 mg/L x 2268,7 m³/hari
 = 261,44 kg/hari

Massa BOD = BOD removal x BOD in x Q limbah
 = 45,58% x 162 mg/L x 2268,7 m³/hari
 = 167,52 kg/hari

Diagram kesetimbangan massa dapat dilihat pada gambar di bawah ini





Gambar 5. 10 Kestimbangan massa TSS, COD, dan BOD

Dimensi Bak Pengendap

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pengendapan} &= t_d \times Q_{\text{peak}} \\
 &= 3 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \times 0,006 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 70,90 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / H_{\text{air}} \\
 &= 70,90 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 23,63 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= \sqrt{\frac{As}{2}} \\
 &= \sqrt{\frac{23,63}{2}} \\
 &= 3,45 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 2 \times P \\
 &= 2 \times 3,45 \text{ m} \\
 &= 9 \text{ m} \\
 \text{Volume cek} &= P \times L \times H_{\text{air}} \\
 &= 6,9 \times 3,45 \times 3 \\
 &= 71,42 \text{ m}^3 \\
 \text{Td cek} &= \text{Volume} / Q_{\text{peak}} \\
 &= 70,90 \text{ m}^3 / 0,007 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 10878,94 \text{ detik} = 3,02 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dimensi Ruang Lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Periode pengurasan} &= 6 \text{ bulan} \\
 \text{Stabilisasi solid} &= 80\%
 \end{aligned}$$

Kadar solid lumpur	= 5%
ρ air	= 1 kg/L
Massa solid	= massa TSS x 6 bulan x (100%-80%) = 0,0025 m ³ /detik x 0,21kg/m ³ x 6 bulan x 30 hari x (100%-80%) = 11991,8 kg
Densitas lumpur	= $\frac{(5\% \times 2.65 \text{ kg/L}) + (95\% \times 1 \text{ kg/L})}{100\%}$ = 1,0825 kg/L
Volume lumpur	= massa solid / densitas lumpur = 11991,8 kg / 1,0825 kg/L = 11077,9L = 11,08 m ³
Panjang	= Panjang Bak Pengendap = 8 m
Lebar	= Lebar Bak Pengendap = 4 m
H _{Lumpur}	= Volume lumpur / As = 11,08 m ³ / (6,9 x 3,45)m ² = 0,5 m

Dimensi Zona Pengendap dan Ruang Lumpur

Panjang	= 6,9 m
Lebar	= 3,45 m
H _{air+lumpur}	= 3,5 m
Freeboard	= 0,4 m

j. Kompartemen *Baffled Reactor*

Kompartemen *baffled reactor* direncanakan terbagi menjadi 3 unit secara paralel setelah melalui bak pengendapan. Tujuan dari pembagian *baffled reactor* untuk memenuhi desain kriteria dari ABR melihat debit yang masuk besar. Debit masuk yang besar dapat membuat dimensi bangunan terlalu besar dan mengurangi efisiensi pengolahan air limbah.

Influen *baffled reactor*

BOD	= 99,32 mg/L
COD	= 170,18 mg/L
TSS	= 65,18 mg/L
Jumlah <i>baffled reactor</i>	= 4
Q peak tiap unit	= 2268,7 m ³ /hari

	= 0,026 m ³ /detik
<u>Direncanakan</u>	
HRT	= 6 jam (kriteria 6 – 24 jam)
Kedalaman (H)	= Kedalaman bak pengendap
	= 3,5 m
<i>Upflow velocity</i> (v_{up})	= <1 m/jam

Dimensi Baffled Reactor

Volume baffled reactor	= Q peak tiap unit x HRT
	= 0,007 m ³ /detik x 6 jam x 3600 detik
	= 141,8 m ³
Panjang kompartemen	= 0,6 x H
	= 0,6 x 3,5 m
	= 2,1 m (<i>upflow chamber</i>)
P downflow chamber	= 0,25 m
Lebar kompartemen	= 3,45 m
Luas permukaan (As)	= Volume ABR / H
	= 141,8 m ³ / 3,45 m
	= 40,5 m ²
<i>Upflow velocity</i> (V_{up})	= Q / As
	= 0,009 m ³ /detik / 15,7 m ²
	= 0,00016 m/detik
	= 0,58 m/jam (memenuhi)
Volume kompartemen	= P x L x H
	= (2,1+0,25) m x 3,45 m x 3,5 m
	= 28,34 m ³
Jumlah kompartemen	= Volume ABR / Volume kompartemen
	= 141,8 m ³ / 28,34 m ³
	= 5 kompartemen
HRT cek	= Volume baffled reactor / Q tiap unit
	= (28,34 m ³ x 5) / 567,17 m ³ /hari
	= 0,25 hari
	= 6 jam (memenuhi)

Dimensi Kompartemen Anaerobic Filter

Panjang	= 2,35 m
Lebar	= 3,45 m
H	= 3,5 m
Jumlah kompartemen	= 5

Perhitungan Removal

$$\begin{aligned}\text{Organic Loading Rate} &= \text{COD in} \times Q / (n \times \text{vol kompartemen}) \\ &= \frac{152,76 \text{ mg/L} \times 567,17 \text{ m}^3/\text{hari}}{4 \times 28,34 \text{ m}^3} \\ &= 0,61 \text{ kg BOD/m}^3.\text{hari} \\ \text{Faktor overload} &= 1 \text{ (beban BOD per hari} < 15) \\ \text{Faktor strength} &= (\text{COD in} \times \frac{0,17}{2000}) + 0,87 \\ &= 0,884 \\ \text{Faktor suhu} &= (\text{suhu} - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1 \\ &= (28 - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1 \\ &= 1,048 \\ \text{Faktor HRT} &= (\text{HRT} - 10) \times (\frac{0,13}{10}) + 0,82 \\ &= 0,572 \\ \text{Removal teoritis} &= f\text{-overload} \times f\text{-strength} \times f\text{-temp} \times f\text{-HRT} \\ &= 1 \times 0,884 \times 1,048 \times 0,572 \\ &= 0,53 \\ \text{Removal COD} &= \text{Removal teoritis} \times (n \times 0,04 + 0,82) \\ &= 0,53 \times (4 \times 0,04 + 0,82) \\ &= 0,56 \\ \text{Efluen COD} &= (1 - \text{Removal COD}) \times \text{COD}_{\text{input baffled reactor}} \\ &= (1 - 0,56) \times 152,76 \text{ mg/L} \\ &= 66,95 \text{ mg/L} \\ \text{Produksi biogas} &= \frac{(\text{COD in} - \text{COD removal settler}) \times Q \times 0,35 / 1000}{0,7 \times 0,5} \\ &= 151,78 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Efluen BOD} &= (1 - \text{factor HRT}) \times \text{BOD in} \\ &= (1 - 0,572) \times 99,32 \text{ mg/L} \\ &= 42,5 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

k. Anaerobic Filter

Perhitungan anaerobic filter ini meliputi dimensi bak pengendap, ruang lumpur, dimensi kompartemen, dimensi tangki filter, jumlah kompartemen serta factor removal COD. Media filter yang digunakan adalah sarang tawon dengan luas spesifik 150 – 220 m²/m³ dan porositas 98%.

Influen *anaerobic filter*

COD	= efluen COD pada ABR = 66,95 mg/L
BOD	= efluen BOD pada ABR = 42,5 mg/L
Jumlah <i>anaerobic filter</i>	= 4
Q peak tiap unit	= 567,17 m ³ /hari = 0,007 m ³ /detik

Dimensi Kompartemen AF

HRT	= 1,5 hari
H	= Kedalaman ABR = 3,5 m
Volume AF	= Q x HRT = 567,17 m ³ /hari x 1,5 hari = 850,76 m ³
Luas permukaan (As)	= Volume / H = 850,76 m ³ /3,5 m = 243,1 m ²
Jumlah kompartemen	= Volume AF / (As x H) = 850,76 m ³ / (243,1 m ² x 3,5 m) = 1
Panjang	= panjang ABR = 2,1 m (<i>upflow chamber</i>)
P <i>downflow chamber</i>	= 0,25 m
Lebar	= lebar ABR = 3,45 m
Volume kompartemen	= P x L x H = (2,1 + 0,25) m x 3,45m x 3,5 m = 28,38 m ³

Dimensi Tangki Filter

Lebar	= Lebar kompartemen AF = 3,45 m
Panjang	= Panjang kompartemen AF – 0,25m = 2,1 m
Penyangga	= 0,8 m
Tinggi media filter (h)	= H – penyangga – 0,4 m = 3,5 m – 0,8 m – 0,4 m

$$\begin{aligned}
 &= 2,3 \text{ m} \\
 \text{Volume tangki media} &= P \times L \times H \\
 &= (2,1 \times 3,45 \times 2,3) \text{ m}^3 \\
 &= 16,66 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan Removal

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor } temperature &= (T-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= (28-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= 1,048 \\
 \text{Faktor } strength &= (\text{CODin} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= (74,85 \text{ mg/L} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= 0,88 \\
 \text{Faktor HRT} &= ((\text{HRT} - 33) \times ((0,09/67)) + 0,7) \\
 &= (36 - 33) \times ((0,09/67)) + 0,7 \\
 &= 0,7 \\
 \text{Faktor } surface &= 1,06 \text{ (surface} \geq 200 \text{ m}^2/\text{m}^3) \\
 \text{COD removal} &= f_{temp} \times f_{strength} \times f_{HRT} \times f_{surface} \times (1 + (n \times 0,04)) \\
 &= 1,048 \times 0,88 \times 0,7 \times 1,06 \times (1 + (1 \times 0,04)) \\
 &= 0,71 \\
 \text{Efluen COD} &= \text{CODin} \times (1 - \text{COD removal}) \\
 &= 43,68 \text{ mg/L} \times (1 - 0,73) \\
 &= 19,26 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD removal} &= \text{BOD/COD removal factor} \times \text{CODrem} \\
 &= 1,1146 \times 0,71 \\
 &= 0,79 \\
 \text{Efluen BOD} &= \text{BOD removal} \times \text{BODin} \\
 &= (1 - 0,79) \times 42,5 \text{ mg/L} \\
 &= 30 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen Anaerobic Filter

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 2,35 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 3,45 \text{ m} \\
 \text{H} &= 3,5 \text{ m} \\
 \text{Tinggi media} &= 2,1 \text{ m} \\
 \text{Panjang media} &= 2,1 \text{ m} \\
 \text{Lebar media} &= 3,45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

I. Kebutuhan Nutrien

Air limbah membutuhkan penambahan nitrogen dan fosfor untuk menunjang pertumbuhan bakteri anaerobik. Pada influen direkomendasikan rasio COD:N:P adalah 600:5:1 selama *start up* dan 300:5:1 selama operasi dalam jangka panjang (Tchobanoglous, 2014).

Rasio COD:N:P	= 300:5:1
COD in	= 268 mg/L
COD out	= 19,26 mg/L
COD tersisihkan	= COD in – COD out
	= 268 – 19,26
	= 248,74 mg/L
Kebutuhan N	= (5/300) × COD tersisihkan
	= (5/300) × 248,74 mg/L
	= 4,15 mg/L
Kebutuhan P	= (1/300) × COD tersisihkan
	= (1/300) × 248,74 mg/L
	= 0,83 mg/L

e. Profil Hidrolis

Aliran air mengalami belokan dan jatuhan saat menuju unit selanjutnya. Perhitungan kehilangan tekanan akibat jatuhan dan belokan didasarkan pada **persamaan Manning**, yaitu:

$$H_f = \left(\frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L$$

Dimana:

- v : kecepatan aliran (m/s)
- n : koefisien kekasaran
- R : jari-jari hidrolis (m)
- L : panjang jatuhan atau belokan (m)

Kehilangan tekanan akibat kecepatan aliran pada unit-unit IPAL ditentukan berdasarkan **persamaan Darcy-Weisbach**, yaitu:

$$H_f = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$f = 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$$

Dimana:

- L : panjang bangunan (m)
- R : jari-jari hidrolis (m)

v : kecepatan aliran (m/s)
 g : percepatan gravitasi (m/s²)
 Sedangkan kehilangan tekanan dalam media filter sarang tawon ditentukan berdasarkan **persamaan Rose** sebagai berikut:

$$H_f = 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g}$$

$$N_{Re} = \frac{\Psi \rho d v}{\mu}$$

Untuk $N_{Re} < 1$: $C_D = \frac{24}{N_{Re}}$

Untuk $1 < N_{Re} < 10^4$: $C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$

Untuk $N_{Re} > 10^4$: $C_D = 0,4$

Dimana:

L : kedalaman filter (m)
 e : porositas media
 v : kecepatan filtrasi (m/s)
 g : percepatan gravitasi (m/s²)
 d : ukuran rongga media (m)
 Ψ : faktor bentuk
 μ : viskositas dinamis (kg/m.s)
 ρ : massa jenis (kg/m³)

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk IPAL Cluster 4 dapat dilihat pada Tabel 5.11

Tabel 5. 11 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
			0,0
Bak Pengendap			6,15
	Hf kecepatan	0,0000155	6,1499845
Baffled reactor			
Kompartemen 1			6,1499845
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1498561

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
	Hf kecepatan	0,0000102	6,1498458
	Hf belokan	0,0000105	6,1498353
Kompartemen 2			6,1498353
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1497069
	Hf kecepatan	0,0000157	6,1496912
	Hf belokan	0,0000105	6,1496807
Kompartemen 3			6,1496807
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1495523
	Hf kecepatan	0,0000157	6,1495366
	Hf belokan	0,0000105	6,1495261
			6,1495261
Kompartemen 4	Hf jatuhan	0,0001284	6,1493976
	Hf kecepatan	0,0000157	6,1493820
	Hf belokan	0,0000105	6,1493715
Kompartemen 5	Hf jatuhan	0,0000000	6,1493715
	Hf kecepatan	0,0001284	6,1492430
	Hf belokan	0,0000157	6,1492274
Anaerobic Filter			
Kompartemen 1			6,1492274
	Hf jatuhan	0,0000000	6,1492274
	Hf kecepatan	0,0001284	6,1490989
	Hf media filter	0,0000002	6,1490987
	Hf kecepatan	0,0001284	6,1490987
Outlet			6,1490987

5.2.8 IPAL Cluster 5

Perhitungan instalasi pengolahan air limbah(IPAL) ini meliputi perhitungan unit sumur pengumpul, *anaerobic baffled reactor*, dan *anaerobic filter*.

a. Sumur pengumpul

Sebelum air limbah masuk ke instalasi pengolahan, air limbah ditampung terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuan perencanaan sumur pengumpul ini untuk mencegah semakin dalamnya bangunan unit pengolah air limbah akibat penanaman pipa akhir yang dalam. Selanjutnya air limbah akan dipompa menuju unit pengolahan air limbah. Sumur pengumpul direncanakan berjumlah 1 unit dilengkapi dengan 1 buah *submersible pump*.

Dimensi

Q peak	= 0,0105 m ³ /detik = 10,5 L/detik
Td	= 5 menit = 300 detik
Elevasi tanah	= + 5,5 m
Elevasi pipa akhir	= + 0,93 m
Volume	= Qpeak x td = 0,0105 m ³ /detik x 300 detik = 3,15 m ³
H	= 1 m (ditetapkan)
P:L	= 1 : 1
Luas permukaan	= Volume / H = 3,15 m ³ /2 m = 13,5 m ²
Lebar	= 1,8 m
Panjang	= 1,8 m
Td cek	= Volume / Q peak = (1 x 1 x 2) m ³ / 0,0067 m ³ /detik = 308,4 detik = 5,14 menit (memenuhi)

Diameter pipa discharge

v asumsi pada pipa	= 1 m/detik
Q	= 0,0105 m ³ /detik
Luas permukaan (A)	= Q / v = 0,0105 m ³ /detik / 1 m/detik = 0,0105 m ²

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0105 \text{ m}^2}{\pi}} \\
 &= 0,115 \text{ m} \approx 0,1 \text{ m} \\
 v \text{ cek} &= Q / A \\
 &= 0,0105 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,1^2\right) \\
 &= 1,34 \text{ m/detik} \\
 \text{Jumlah pipa discharge} &= 1 \\
 \text{Head statis} &= 4,42 \text{ m} \\
 \text{L pipa discharge} &= 6,62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Headloss

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ discharge} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}}\right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{0,0067}{0,00155 \times 110 \times 10^{2,63}}\right)^{1,85} \times 6,62 \\
 &= 0,00000052 \text{ m} \\
 \text{Head velocity} &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{1,34^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,0913 \text{ m} \\
 H_f \text{ minor belokan} &= k \left(\frac{v^2}{2g}\right) \\
 &= 0,183 \text{ m} \\
 \text{Head total} &= H_{\text{statis}} + H_{f \text{ discharge}} + H_{\text{velocity}} + H_{f \text{ minor belokan}} \\
 &= (4,42 + 0,00000052 + 0,0913 + 0,183) \text{ m} \\
 &= 4,694 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pompa

Berdasarkan perhitungan sumur pengumpul ini, maka diperoleh spesifikasi pompa *submersible* sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah} &= 1 \text{ unit} \\
 \text{Merk} &= \text{Ebara} \\
 \text{Tipe} &= 80 \text{ DVS 52,2S Submersible Semi Vortex} \\
 \text{Total Head} &= 5 \text{ m} \\
 \text{Motor output} &= 2,2 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

b. Saluran Penerima / Inlet

Sebelum masuk ke unit IPAL, air limbah diterima terlebih dahulu oleh saluran penerima. Air limbah yang dari saluran penerima selanjutnya akan melimpah ke bak pengendap. Tujuannya agar debit yang masuk dapat tersebar merata ke unit pengolahan dan meminimalisir terjadinya *dead zone*.

Direncanakan :

Saluran terbuat dari beton, kekasaran (n) = 0.015

Panjang saluran (P) = 0,3 m

$$\begin{aligned} L &= \text{lebar BP} \times \text{jumlah unit} + (\text{tebal dinding} \times 2) \\ &= 2,6 \text{ m} \times 3 + (0,2 \times 2) \\ &= 7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{\text{air}} = 0,25 \text{ m}$$

Cek td untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan untuk air limbah berada pada saluran sebelum melimpah menuju ke bak pengendap.

$$\begin{aligned} T_d &= \text{volume} / Q \\ &= (P \times L \times H) / Q \\ &= (0,3 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}) / 0,00747 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 70,28 \text{ detik} \\ &= 1,12 \text{ menit} \end{aligned}$$

Jari – jari hidrolis saluran

$$\begin{aligned} R &= (L \times H) / (L + 2H) \\ &= (7 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}) / (7 + (2 \times 0,25 \text{ m})) \\ &= 0,23 \text{ m} \end{aligned}$$

Kehilangan tekanan (Hf)

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \left(\frac{h_f}{P} \right)^{1/2}$$

$$0,1 = \frac{1}{0,015} (0,23)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{h_f}{0,3} \right)^{1/2}$$

$$H_f = 0,000005 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss kecepatan} &= v^2 / 2g \\ &= 0,1^2 / 2 (9,81) \\ &= 0,0005 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Headloss total} = 0,000005 \text{ m} + 0,0005 \text{ m} = 5,05 \times 10^{-4} \text{ m}$$

c. Anaerobic Baffled Reactor

- Bak Pengendap

Influen Bak Pengendap

Q rata-rata	= 768,06 m ³ /hari = 0,0089 m ³ /detik
Q peak	= 907,66 m ³ /hari = 0,0105 m ³ /detik
COD	= 268 mg/L = 0,268 kg/m ³
BOD	= 162 mg/L = 0,162 kg/m ³
TSS	= 210 mg/L = 0,21kg/m ³

Direncanakan

Jumlah bak pengendap	= 3
Q peak per bak	= 0,0105 m ³ /detik / 3 = 0,004 m ³ /detik
Waktu detensi (td)	= 3 jam
Interval pengurasan	= 6 bulan
H _{air}	= 3 m
P : L	= 2 : 1

Perhitungan Removal

Untuk mendapat efisiensi removal COD dapat diplotkan pada Gambar 2.4 (Grafik removal COD pada *settler*).

SS _{settler} /COD ratio	= 0,78
COD removal	= ((SS/COD)/0,6x(td – 1) x 0,1/2) + 0,3
	= 0,78/0,6 x (3-1) x 0,1/2 + 0,3
	= 43%
BOD/COD removal	= 1,06 (COD removal < 50%)
BOD removal	= BOD/COD removal x COD removal
	= 1,06 x 43%
	= 45,58%

Persentase removal TSS dapat diketahui berdasarkan grafik tipikal removal BOD dan TSS. Grafik dapat dilihat pada Gambar 5.3. Hubungan waktu detensi dan removal TSS pada kurva tersebut dapat dimodelkan dengan persamaan:

$$R = t / (a + bt)$$

Dimana:

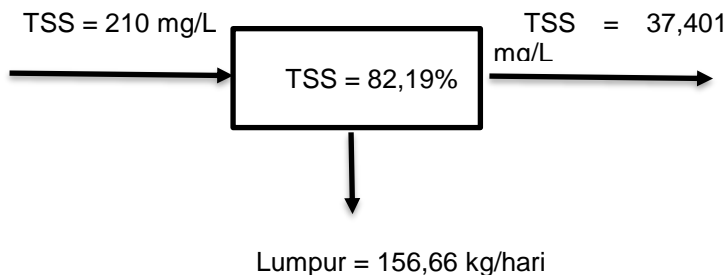
R	: removal TSS (%)
t	: waktu detensi (jam)
a	= 0,0075
b	= 0,014

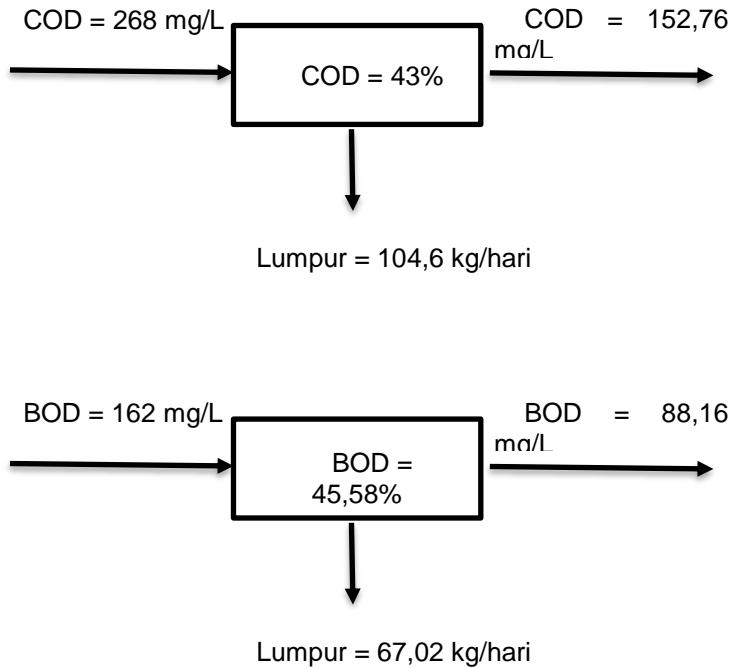
Dengan persamaan tersebut, maka removal TSS pada bak pengendap awal dapat dihitung seperti berikut.

$$\text{TSS removal} = td / (0,014 + 0,0075 \text{ td})$$

$$\begin{aligned}
 &= 3 / (0,014 + (0,0075 \times 3)) \\
 &= 82,19\% \\
 \text{COD out} &= \text{COD in} \times (1 - \text{COD removal}) \\
 &= 268 \times (1 - 43\%) \\
 &= 152,76 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD out} &= \text{BOD in} \times (1 - \text{BOD removal}) \\
 &= 162 \times (1 - 45,58\%) \\
 &= 88,16 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS out} &= \text{TSS in} \times (1 - \text{TSS removal}) \\
 &= 210 \times (1 - 82,19\%) \\
 &= 37,401 \text{ mg/L} \\
 \text{Massa TSS} &= \text{TSS removal} \times \text{TSS in} \times Q \text{ limbah} \\
 &= 82,19\% \times 210 \text{ mg/L} \times 907,66 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 156,66 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa COD} &= \text{COD removal} \times \text{COD in} \times Q \text{ limbah} \\
 &= 43\% \times 268 \text{ mg/L} \times 907,66 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 104,6 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa BOD} &= \text{BOD removal} \times \text{BOD in} \times Q \text{ limbah} \\
 &= 45,58\% \times 162 \text{ mg/L} \times 907,66 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 67,02 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Diagram kesetimbangan massa dapat dilihat pada gambar di bawah ini





Gambar 5. 11 Kestimbangan massa TSS, COD, dan BOD

Dimensi Bak Pengendap

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pengendapan} &= t_d \times Q_{\text{peak}} \\
 &= 3 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \times 0,004 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 37,82 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / H_{\text{air}} \\
 &= 37,82 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 12,61 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= \sqrt{\frac{As}{2}} \\
 &= \sqrt{\frac{12,61}{2}} \\
 &= 2,51 \text{ m} \approx 2,6 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 2 \times L
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times 2,6 \\
 &= 5,2 \text{ m} \\
 \text{Freeboard} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Volume cek} &= P \times L \times H_{\text{air}} \\
 &= 5,2 \times 2,6 \times 3 \\
 &= 40,56 \text{ m}^3 \\
 \text{Td cek} &= \text{Volume} / Q_{\text{peak}} \\
 &= 40,56 \text{ m}^3 / 0,004 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 11.582,64 \text{ detik} = 3,22 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dimensi Ruang Lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Periode pengurasan} &= 6 \text{ bulan} \\
 \text{Stabilisasi solid} &= 80\% \\
 \text{Kadar solid lumpur} &= 5\% \\
 \rho_{\text{air}} &= 1 \text{ kg/L} \\
 \text{Massa solid} &= \text{massa TSS} \times 6 \text{ bulan} \times (100\% - 80\%) \\
 &= 0,004 \text{ m}^3/\text{detik} \times 0,21 \text{ kg/m}^3 \times 6 \text{ bulan} \times 30 \text{ hari} \times (100\% - 80\%) \\
 &= 5718,17 \text{ kg} \\
 \text{Densitas lumpur} &= \frac{(5\% \times 2.65 \text{ kg/L}) + (95\% \times 1 \text{ kg/L})}{100\%} \\
 &= 1,0825 \text{ kg/L} \\
 \text{Volume lumpur} &= \text{massa solid} / \text{densitas lumpur} \\
 &= 5718,17 \text{ kg} / 1,0825 \text{ kg/L} \\
 &= 5282,4 \text{ L} \\
 &= 5,2 \text{ m}^3 \\
 \text{Panjang} &= \text{Panjang Bak Pengendap} \\
 &= 5,2 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= \text{Lebar Bak Pengendap} \\
 &= 2,6 \text{ m} \\
 H_{\text{Lumpur}} &= \text{Volume lumpur} / A_s \\
 &= 5,2 \text{ m}^3 / (5,2 \times 2,6) \text{ m}^2 \\
 &= 0,39 \text{ m} \approx 0,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimensi Zona Pengendap dan Ruang Lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 5,2 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 2,6 \text{ m} \\
 H_{\text{air+lumpur}} &= 3,4 \text{ m} \\
 \text{Freeboard} &= 0,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

f. Kompartemen *Baffled Reactor*

Kompartemen *baffled reactor* direncanakan terbagi menjadi 3 unit secara paralel setelah melalui bak pengendapan. Tujuan dari pembagian *baffled reactor* untuk memenuhi desain kriteria dari ABR melihat debit yang masuk besar. Debit masuk yang besar dapat membuat dimensi bangunan terlalu besar dan mengurangi efisiensi pengolahan air limbah.

Influen *baffled reactor*

BOD	= 88,16 mg/L
COD	= 152,76mg/L
TSS	= 37,4 mg/L
Jumlah <i>baffled reactor</i>	= 3
Q peak tiap unit	= $0,0105 \text{ m}^3/\text{detik} / 3 = 0,004 \text{ m}^3/\text{detik}$

Direncanakan

HRT	= 6 jam (kriteria 6 – 24 jam)
Kedalaman (H)	= Kedalaman bak pengendap
	= 3,4 m
<i>Upflow velocity</i> (v_{up})	= <1 m/jam

Dimensi *Baffled Reactor*

Volume <i>baffled reactor</i>	= Q peak tiap unit x HRT
	= $0,004 \text{ m}^3/\text{detik} \times 6 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik}$
	= $75,6 \text{ m}^3$
Panjang kompartemen	= $0,6 \times H$
	= $0,6 \times 3,4 \text{ m}$
	= 2,04 m (<i>upflow chamber</i>)
P <i>downflow chamber</i>	= 0,25 m
Lebar kompartemen	= 2,6 m
Luas permukaan (A_s)	= Volume ABR / H
	= $75,6 \text{ m}^3 / 3,4 \text{ m}$
	= $22,2 \text{ m}^2$
<i>Upflow velocity</i> (V_{up})	= Q / A_s
	= $0,004 \text{ m}^3/\text{detik} / 22,2 \text{ m}^2$
	= 0,00016 m/detik
	= 0,57m/jam (memenuhi)
Volume kompartemen	= P x L x H
	= $(2,04+0,25) \text{ m} \times 2,6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m}$
	= $13,442 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kompartemen} &= \text{Volume ABR} / \text{Volume kompartemen} \\
 &= 75,6 \text{ m}^3 / 13,442 \text{ m}^3 \\
 &= 3,74 \\
 &= 4 \text{ kompartemen} \\
 \text{HRT cek} &= \text{Volume baffled reactor} / Q \text{ tiap unit} \\
 &= (13,442 \text{ m}^3 \times 4) / 302,55 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,27 \text{ hari} \\
 &= 6,4 \text{ jam (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen Anaerobic Baffled Reactor

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 2,29 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 2,6 \text{ m} \\
 \text{H} &= 3,4 \text{ m} \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= 4
 \end{aligned}$$

Perhitungan Removal

$$\begin{aligned}
 \text{Organic Loading Rate} &= \text{COD in} \times Q / (n \times \text{vol kompartemen}) \\
 &= \frac{152,76 \text{ mg/L} \times 302,55 \text{ m}^3/\text{hari}}{4 \times 13,442 \text{ m}^3} \\
 &= 0,64 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
 \text{Faktor overload} &= 1 \text{ (beban BOD per hari} < 15) \\
 \text{Faktor strength} &= (\text{COD in} \times \frac{0,17}{2000}) + 0,87 \\
 &= 0,884 \\
 \text{Faktor suhu} &= (\text{suhu} - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1 \\
 &= (28 - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1 \\
 &= 1,048 \\
 \text{Faktor HRT} &= (\text{HRT} - 10) \times (\frac{0,13}{10}) + 0,82 \\
 &= 0,598 \\
 \text{Removal teoritis} &= f\text{-overload} \times f\text{-strength} \times f\text{-temp} \times f\text{-HRT} \\
 &= 1 \times 0,884 \times 1,048 \times 0,598 \\
 &= 0,55 \\
 \text{Removal COD} &= \text{Removal teoritis} \times (n \times 0,04 + 0,82) \\
 &= 0,55 \times (4 \times 0,04 + 0,82) \\
 &= 0,59 \\
 \text{Efluen COD} &= (1 - \text{Removal COD}) \times \text{COD}_{\text{input baffled reactor}} \\
 &= (1 - 0,59) \times 152,76 \text{ mg/L} \\
 &= 70,24 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi biogas} &= \frac{(\text{COD in} - \text{COD removal settler}) \times Q \times 0,35 / 1000}{0,7 \times 0,5} \\
 &= 60,72 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Efluen BOD} &= (1 - \text{factor HRT}) \times \text{BOD in} \\
 &= (1 - 0,589) \times 88,16 \text{ mg/L} \\
 &= 35,42 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

c. *Anaerobic Filter*

Perhitungan anaerobic filter ini meliputi dimensi bak pengendap, ruang lumpur, dimensi kompartemen, dimensi tangki filter, jumlah kompartemen serta factor removal COD. Media filter yang digunakan adalah sarang tawon dengan luas spesifik 150 – 220 m²/m³ dan porositas 98%.

Influen *anaerobic filter*

$$\begin{aligned}
 \text{COD} &= \text{efluen COD pada ABR} \\
 &= 70,24 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD} &= \text{efluen BOD pada ABR} \\
 &= 35,42 \text{ mg/L} \\
 \text{Jumlah *anaerobic filter*} &= 3 \\
 \text{Q peak tiap unit} &= 302,55 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,004 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen AF

$$\begin{aligned}
 \text{HRT} &= 1,5 \text{ hari} \\
 \text{H} &= \text{Kedalaman ABR} \\
 &= 3,4 \text{ m} \\
 \text{Volume AF} &= Q \times \text{HRT} \\
 &= 302,55 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,5 \text{ hari} \\
 &= 453,83 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / \text{H} \\
 &= 453,83 \text{ m}^3 / 3,4 \text{ m} \\
 &= 133,48 \text{ m}^2 \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= \text{Volume AF} / (\text{As} \times \text{H}) \\
 &= 453,83 \text{ m}^3 / (133,48 \text{ m}^2 \times 3,4 \text{ m}) \\
 &= 1 \\
 \text{Panjang} &= \text{panjang ABR} \\
 &= 2,04 \text{ (upflow chamber)} \\
 \text{P downflow chamber} &= 0,25 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= \text{lebar ABR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,6 \text{ m} \\
 \text{Volume kompartemen} &= P \times L \times H \\
 &= (2,04 + 0,25) \text{ m} \times 2,6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m} \\
 &= 20,24 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi Tangki Filter

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= \text{Lebar kompartemen AF} \\
 &= 2,6 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= \text{Panjang kompartemen AF} - 0,25 \text{ m} \\
 &= 2,04 \text{ m} \\
 \text{Penyangga} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Tinggi media filter (h)} &= H - \text{penyangga} - 0,4 \text{ m} \\
 &= 3,4 \text{ m} - 0,8 \text{ m} - 0,4 \text{ m} \\
 &= 2,2 \text{ m} \\
 \text{Volume tangki media} &= P \times L \times H \\
 &= (2,04 \times 2,6 \times 2,2) \text{ m}^3 \\
 &= 11,67 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Faktor removal COD

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor } temperature &= (T-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= (28-25) \times 0,08 / 5 + 1 \\
 &= 1,048 \\
 \text{Faktor } strength &= (\text{COD}_{in} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= (74,85 \text{ mg/L} \times (0,17/2000)) + 0,87 \\
 &= 0,88 \\
 \text{Faktor HRT} &= ((\text{HRT} - 33) \times ((0,09/67) + 0,7) \\
 &= (36 - 33) \times ((0,09/67) + 0,7) \\
 &= 0,7 \\
 \text{Faktor } surface &= 1,06 \text{ (surface} \geq 200 \text{ m}^2/\text{m}^3) \\
 \text{COD removal} &= f_{temp} \times f_{strength} \times f_{HRT} \times f_{surface} \times (1 + (n \times 0,04)) \\
 &= 1,048 \times 0,88 \times 0,7 \times 1,06 \times (1 + (1 \times 0,04)) \\
 &= 0,71 \\
 \text{Efluen COD} &= \text{COD}_{in} \times (1 - \text{COD removal}) \\
 &= 67,04 \text{ mg/L} \times (1 - 0,73) \\
 &= 20,19 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD removal} &= \text{BOD/COD removal factor} \times \text{CODrem} \\
 &= 1,1146 \times 0,71 \\
 &= 0,79 \\
 \text{Efluen BOD} &= \text{BOD removal} \times \text{BOD}_{in}
 \end{aligned}$$

$$= (1 - 0,79) \times 35,42 \text{ mg/L}$$

$$= 7,44 \text{ mg/L}$$

Dimensi Kompartemen Anaerobic Filter

Panjang	= 2,29 m
Lebar	= 2,6 m
H	= 3,4 m
Tinggi media	= 2,2 m
Panjang media	= 2,04 m
Lebar media	= 2,6 m

d. Kebutuhan Nutrien

Air limbah membutuhkan penambahan nitrogen dan fosfor untuk menunjang pertumbuhan bakteri anaerobik. Pada influen direkomendasikan rasio COD:N:P adalah 600:5:1 selama *start up* dan 300:5:1 selama operasi dalam jangka panjang (Tchobanoglous, 2014).

Rasio COD:N:P	= 300:5:1
COD in	= 268 mg/L
COD out	= 19,29 mg/L
COD tersisihkan	= COD in – COD out
	= 268 – 20,19
	= 247,81 mg/L
Kebutuhan N	= (5/300) × COD tersisihkan
	= (5/300) × 247,81 mg/L
	= 4,13 mg/L
Kebutuhan P	= (1/300) × COD tersisihkan
	= (1/300) × 247,81 mg/L
	= 0,83 mg/L

e. Profil Hidrolis

Aliran air mengalami belokan dan jatuhan saat menuju unit selanjutnya. Perhitungan kehilangan tekanan akibat jatuhan dan belokan didasarkan pada **persamaan Manning**, yaitu:

$$H_f = \left(\frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L$$

Dimana:

v : kecepatan aliran (m/s)

n : koefisien kekasaran

R : jari-jari hidrolis (m)

L : panjang jatuhnya atau belokan (m)

Kehilangan tekanan akibat kecepatan aliran pada unit-unit IPAL ditentukan berdasarkan **persamaan Darcy-Weisbach**, yaitu:

$$H_f = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$f = 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$$

Dimana:

L : panjang bangunan (m)

R : jari-jari hidrolis (m)

v : kecepatan aliran (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

Sedangkan kehilangan tekanan dalam media filter sarang tawon ditentukan berdasarkan **persamaan Rose** sebagai berikut:

$$H_f = 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g}$$

$$N_{Re} = \frac{\Psi \rho d v}{\mu}$$

$$\text{Untuk } N_{Re} < 1 : C_D = \frac{24}{N_{Re}}$$

$$\text{Untuk } 1 < N_{Re} < 10^4 : C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

$$\text{Untuk } N_{Re} > 10^4 : C_D = 0,4$$

Dimana:

L : kedalaman filter (m)

e : porositas media

v : kecepatan filtrasi (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

d : ukuran rongga media (m)

ψ : faktor bentuk

μ : viskositas dinamis (kg/m.s)

ρ : massa jenis (kg/m³)

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk IPAL Cluster 5 dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5. 12 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
			0,0
Bak Pengendap			6,15
	Hf kecepatan	0,0000135	6,1499865
Baffled reactor			
Kompartemen 1			6,1499865
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1498581
	Hf kecepatan	0,0000102	6,1498478
	Hf belokan	0,0000105	6,1498373
Kompartemen 2			6,1498373
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1497089
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1496972
	Hf belokan	0,0000105	6,1496867
Kompartemen 3			6,1496867
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1495583
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1495467
	Hf belokan	0,0000105	6,1495361
			6,1495361
Kompartemen 4	Hf jatuhan	0,0001284	6,1494077
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1493961
	Hf belokan	0,0000105	6,1493856
Anaerobic Filter			
Kompartemen 1			6,1493856
	Hf jatuhan	0,0001284	6,1492571
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1492455
	Hf media filter	0,0000056	6,1492399
	Hf kecepatan	0,0000116	6,1492399

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
Outlet			6,1492399

5.2.9 Resume *Detail Engineering Design*

Setelah menghitung keseluruhan unit IPAL tiap cluster, dapat dilihat keseluruhan resume *detail engineering design* tiap cluster pada Tabel 5.13

Tabel 5. 13 Resume DED IPAL Tiap Cluster

Cluster	Qpeak (m ³ /detik)	Unit	Bak Pengendap		ABR				AF		Efluen COD (mg/L)
			P x L x H	td (jam)	HRT (jam)	V _{up} (m/jam)	P x L x H	n	PxLxH media filter	n	
1	0,0074	3	4 x 2 x 3,4	2,71	6	0,57	1,95x2x 3,4	4	1,7 x 2 x 2,2	1	21,50
2	0,0075	3	4,4 x 2,2 x 3,25	3,24	6	0,54	1,88x2,2x 3,25	4	1,63 x 2,2 x 2,05	1	19,29
3	0,0015	1	1,5 x 3 x 2,8	2	6,4	0,47	1,65 x 3 x 2,8	5	1,4 x 3 x 1,6	1	25,02
4	0,0263	4	6,9x3,4 x3,5	3	6	0,58	2,35 x 3,45 x 3,5	5	2,1 x 3,45 x 2,3	1	19,26
5	0,0105	3	5,2 x 2,6 x 3,4	3,22	6,4	0,57	2,29 x 2,6 x 3,4	4	2,04 x 2,6 x 2,2	1	20,19

5.3 Bill of Quantity

Salah satu elemen penting dalam pengerjaan proyek adalah *bill of quantity* (BOQ). Dalam perencanaan pengolahan air limbah ini diperlukan perhitungan BOQ SPAL dan pembangunan IPAL.

5.3.1 BOQ Perpipaan

Pada BOQ untuk sistem penyaluran air limbah dihitung BOQ kebutuhan pipa beserta sambungannya, BOQ penggalian tanah, manhole dan tenaga kerja. Untuk perpipaan menggunakan pipa jenis PVC tipe AW untuk air buangan dengan diameter 100mm – 250mm (4" – 10"). Pemilihan jenis pipa PVC ini karena bahannya yang kedap air sehingga dapat meminimalisir terjadinya infiltrasi. BOQ perpipaan tiap Cluster dapat dilihat pada Tabel 5.13– 5.17

. Tabel 5. 14 Kebutuhan Pipa Cluster 1

Diameter Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang Pipa / Batang (m)	Kebutuhan Pipa (Batang)
0,1	4834	4	1209
0,15	129	4	32

Sumber: Hasil Perhitungan

. Tabel 5. 15 Kebutuhan Pipa Cluster 2

Diameter Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang Pipa / Batang (m)	Kebutuhan Pipa (Batang)
0,1	5832	4	1458
0,15	163	4	41

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 16 Kebutuhan Pipa Cluster 3

Diameter Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang Pipa / Batang (m)	Kebutuhan Pipa (Batang)
0,1	9471,6	4	2368

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 17 Kebutuhan Pipa Cluster 4

Diameter Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang Pipa / Batang (m)	Kebutuhan Pipa (Batang)
0,1	15770	4	1761
0,15	207,1	4	93
0,2	898	4	224
0,25	2511,4	4	63

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 18 Kebutuhan Pipa Cluster 5

Diameter Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang Pipa / Batang (m)	Kebutuhan Pipa (Batang)
0,1	4884	4	1248
0,15	514	4	131

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada pembangunan SPAL ini diperlukan aksesoris pipa. Kebutuhan aksesoris pipa tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.16 hingga Tabel 5.20.

Tabel 5. 19 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 1

Diameter pipa (m)	Sambungan pipa	Isi per box	Kebutuhan box
0,1	1209	12	101
0,15	32	4	9

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 20 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 2

Diameter pipa (m)	Sambungan pipa	Isi per box	Kebutuhan box
0,1	1458	12	122
0,15	41	4	11

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 21 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 3

Diameter pipa (m)	Sambungan pipa	Isi per box	Kebutuhan box
0,1	2325	12	194

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 22 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 4

Diameter Pipa (m)	Sambungan pipa	Isi per box	Kebutuhan box
0,1	1719	12	144
0,15	91	4	23
0,2	1664	4	416
0,25	105	2	53

Sumber: Hasil Perhitungan

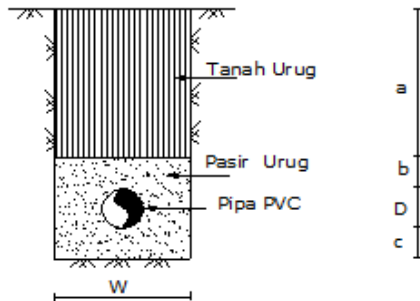
Tabel 5. 23 Kebutuhan Sambungan Pipa Cluster 5

Diameter pipa (m)	Sambungan pipa	Isi per box	Kebutuhan box
0,1	1248	12	104
0,15	131	4	33

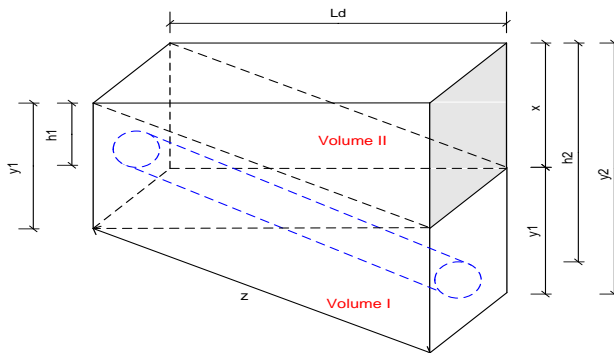
Sumber: Hasil Perhitungan

5.3.2 BOQ Penanaman dan Galian Pipa

Penggalian tanah untuk perpipaan air limbah didapatkan dari perhitungan kedalaman penanaman pipa. Penanaman pipa mengikuti standar urugan dari Departemen Pekerjaan Umum. Ilustrasi rencana galian pipa dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5



Gambar 5. 12 Rencana Galian Pipa



Gambar 5. 13 Bentuk Galian Pipa

Keterangan:

D = Diameter pipa

h = kedalaman penanaman pipa

h_1 = kedalaman penanaman pipa awal

h_2 = kedalaman penanaman pipa akhir

y = kedalaman galian = $h + D + c$

y_1 = kedalaman galian awal

y_2 = kedalaman galian akhir

X = $y_2 - y_1$

z = $((y_1^2) + L \text{ pipa}^2)^{1/2}$

Volume galian I = $[(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times Ld$

$$\begin{aligned}
\text{Volume galian II} &= \frac{1}{2} \times [(0,3 \times 2) + D] \times X \times Ld \\
\text{Volume galian total} &= \text{Volume galian I} + \text{Volume galian II} \\
\text{Volume pipa} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times Ld \\
\text{Volume urugan pasir} &= [(0,3 \times 2) + D] \times (b + D + c) \times Ld - \\
&\quad \text{Volume pipa} \\
\text{Volume sisa tanah galian} &= \text{Volume galian total} - \text{Volume urugan pasir}
\end{aligned}$$

Perhitungan galian pipa per cluster dapat dilihat pada Tabel 1 – Tabel 5Lampiran C.

Bill of Quantity (BOQ) Tenaga Kerja

Volume pekerjaan dihitung berdasarkan kemampuan pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya dalam satuan per meter persegi atau per meter kubik. Tenaga kerja yang diperlukan adalah tenaga lapangan dan tenaga pengawas. Untuk pekerjaan penggalian tanah dan pembuatan saluran, jumlah tenaga kerja dihitung berdasarkan indeks satuan pekerjaan jaringan perpipaan yang dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5. 24 Indeks Satuan Pekerjaan Galian

No	Bidang	indeks satuan (oh)
1	Penggalian tanah	
	kuli / tenaga lapangan	0,75
	mandor / tenaga pengawas	0,025
2	pengurugan pasir	
	kuli / tenaga lapangan	0,3
	mandor / tenaga pengawas	0,01
3	pembuangan sisa tanah galian	
	kuli / tenaga lapangan	0,33
	mandor / tenaga pengawas	0,03
4	truk / buah	10 m ³

Contoh perhitungan untuk BOQ tenaga kerja adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}\text{Jumlah indeks tenaga lapangan} &= \text{indeks satuan tenaga lapangan} \\ &\quad \times \text{volume galian tanah} \\ &= 0,75 \times 169,18 \text{ m}^3 \\ &= 127\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah indeks tenaga pengawas} &= \text{indeks satuan tenaga} \\ &\quad \text{pengawas} \times \text{volume galian} \\ &\quad \text{tanah} \\ &= 0,025 \times 169,18 \text{ m}^3 \\ &= 4,2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kebutuhan truk} &= \text{volume sisa galian} / \text{indeks} \\ &\quad \text{satuan truk} \\ &= 0,025 \times 169,18 \text{ m}^3 \\ &= 4,2\end{aligned}$$

Perhitungan lengkap BOQ tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 6 hingga Tabel 10 pada Lampiran C.

5.3.3 BOQ IPAL

a. BOQ Sumur Pengumpul

Contoh Perhitungan BOQ Sumur pengumpul akan dilakukan pada *cluster* 1:

Dimensi :

Panjang (P)	= 1 m
Lebar (l)	= 1 m
Kedalaman (H)	= 2 m
Freeboard (Fb)	= 0,4 m

$$\text{Total H} = 2,4 \text{ m}$$

Kedalaman dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 2,54 m
(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

$$\text{Tebal plat dasar} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sepatu lantai} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pasir} = 0,1 \text{ m}$$

Penggalian tanah biasa untuk kontruksi

$$= P \times L \times H$$

$$= (\text{Panjang SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{Lebar SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{Kedalaman dari muka tanah ke muka SP} + \text{Tinggi SP} + \text{Fb} + \text{tebal plat dasar} + \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir})$$

$$= (1 + 0,2) \times (1 + 0,2) \times (2,54 + 2 + 0,4 + 0,2 + 0,15 + 0,1)$$

$$= 7,8 \text{ m}^3$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

$$= (\text{Panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir})$$

$$= (1 + 0,2) \times (1 + 0,2) \times (0,1)$$

$$= 0,144 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Beton K-250

- Beton Lantai Bangunan

$$= (\text{Panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai kerja} + \text{tebal plat dasar})$$

$$= (1 + 0,2) \times (1 + 0,2) \times (0,15 + 0,2)$$

$$= 0,5 \text{ m}^3$$

- Beton Dinding Bangunan

$$= (\text{Panjang} \times 2) \times (\text{lebar} \times 2) \times \text{tebal dinding} \times \text{tinggi}$$

$$= (1 \times 2) \times (1 \times 2) \times 0,2 \times 4,94$$

$$= 3,952 \text{ m}^3$$

- Beton Tutup Bangunan

$$= (\text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal dinding atas})$$

$$= (1 \times 1 \times 0,2)$$

$$= 0,2 \text{ m}^3$$

- Total Volume Beton Bangunan

$$= 0,5 \text{ m}^3 + 3,952 \text{ m}^3 + 0,2 \text{ m}^3$$

$$= 4,66 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $3,952 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi yaitu

= Volume pembesian x berat besi

$$= 3,952 \times 110$$

$$= 435,06 \text{ kg}$$

Pekerjaan Bekisting Sloof

= (Panjang x 2) x (lebar x 2) x (kedalaman total)

$$= (1 \times 2) \times (1 \times 2) \times (4,94)$$

$$= 19,78 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Pompa Submersible

Pompa yang digunakan sebanyak 1 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju IPAL

Pekerjaan Pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 7,8 m untuk 2 buah saluran. Panjang pipa perbatang 4 m, maka dibutuhkan 2 pipa. Pipa yang digunakan diameter 4".

b. BOQ ABR dan AF

Contoh Perhitungan BOQ ABR dan AF akan dilakukan pada *cluster* 1:

Panjang total ABR + AF

= panjang bak pengendap + (panjang kompartemen x jumlah kompartemen)

$$= 4 \text{ m} + (1,95 \text{ m} \times 5)$$

$$= 13,75 \text{ m}$$

Lebar

= Lebar unit x jumlah unit

$$= 2 \text{ m} \times 3$$

$$= 6 \text{ m}$$

Kedalaman

$$= 3,4 \text{ m}$$

Tinggi freeboard

$$= 0,4 \text{ m}$$

Tebal beton

$$= 0,2 \text{ m}$$

Volume beton dinding

$$\begin{aligned} &= 2 \times (\text{tinggi} \times \text{tebal beton} \times \text{lebar}) + 4 \times (\text{tinggi} \times \text{tebal beton} \times \text{panjang}) \\ &= 2 \times (3,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 6 \text{ m}) + 4 \times (3,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 13,75) \\ &= 45,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume beton lantai

$$\begin{aligned} &= [(\text{panjang} + (\text{tebal} \times 4)) \times (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tebal}] \\ &= [(13,75 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 4)) \times (6 + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m}] \\ &= 18,624 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume beton atap

$$\begin{aligned} &= \text{Volume beton lantai} \\ &= 18,624 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume beton antara kompartemen

$$\begin{aligned} &= [\text{jumlah kompartemen} \times (\text{tebal} \times \text{tinggi} \times \text{lebar})] - \text{jumlah} \\ &\quad \text{kompartemen} \times \text{jumlah lubang per kompartemen} \times (\text{p} \times \text{l} \times \text{tebal}) \\ &= [5 \times (0,2 \text{ m} \times 3,4 \text{ m} \times 6 \text{ m})] - 5 \times 9 \times (0,3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}) \\ &= 20,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume beton dinding baffle

$$\begin{aligned} &= \text{jumlah kompartemen} \times (\text{panjang baffle} \times \text{lebar baffle} \times \text{tebal baffle}) \\ &= 15 \times (2 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}) \\ &= 7,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pemasangan pipa 4"

$$\begin{aligned} \text{Panjang di pasaran} &= 4 \text{ m} \\ \text{Panjang yang dibutuhkan} &= 9 \text{ buah} \times 0,5 \text{ m} = 4,5 \text{ m} \\ \text{Jumlah pipa yang dibutuhkan} &= 2 \text{ batang} \end{aligned}$$

Volume total beton ABR + AF

$$\begin{aligned} &= \text{Volume beton dinding} + \text{Volume beton lantai} + \text{Volume} \\ &\quad \text{beton atap} + \text{Volume beton antara kompartemen} + \text{Volume beton} \\ &\quad \text{dinding baffle} \\ &= 45,56 \text{ m}^3 + 18,624 \text{ m}^3 + 18,624 \text{ m}^3 + 20,13 \text{ m}^3 + 7,5 \text{ m}^3 \\ &= 110,438 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu 110,483 m³. Besi yang digunakan memiliki berat 110 kg/m³, sehingga diperoleh berat besi yaitu

$$\begin{aligned} &= \text{Volume pembesian} \times \text{berat besi} \\ &= 110,483 \times 110 \\ &= 434,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Volume bekisting dinding

$$\begin{aligned} &= \text{Volume beton dinding} \\ &= 45,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bekisting lantai

$$\begin{aligned} &= \text{volume beton lantai} \\ &= 18,624 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bekisting atap

$$\begin{aligned} &= \text{volume beton atap} \\ &= 18,624 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bekisting antar kompartemen

$$\begin{aligned} &= \text{volume beton antar kompartemen} \\ &= 20,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pembuatan bouwplank

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\ &= (6 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (13,75 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\ &= 18,112 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Urugan pasir dipadatkan

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi pasir} \\ &= (6 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (13,75 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,1 \text{ m} \\ &= 9,056 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Lantai kerja K-200

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi lantai} \\ &= (6 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (13,75 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,05 \text{ m} \\ &= 4,528 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kedalaman penanaman IPAL

= kedalaman IPAL + tebal dinding atas + tebal dinding bawah
= 3,4 m + 0,2 m + 0,2 m
= 3,8 m

Kedalaman galian tanah

= kedalaman penanaman IPAL + tinggi terucuk bambu + tinggi urugan pasir dipadatkan + tinggi lantai kerja
= 3,8 m + 0,2 m + 0,1 m + 0,05 m
= 4,15 m

Sheet pile

Pekerjaan pemasangan *sheet pile* menggunakan baja sebagai pengaman galian agar tanah tidak longsor karena penanaman IPAL yang dalam. Perhitungan volume kebutuhan pemasangan *sheet pile* adalah sebagai berikut.

- Panjang *sheet pile*
= (panjang total + tebal beton x 7) + 0,5 x 2
= (13,75 + 0,2 x 7) + 0,5 x 2
= 16,15 m
- Lebar *sheet pile*
= (lebar total + lebar beton x 2) + 0,5 x 2
= (6 + 0,2 x 2) + 0,5 x 2
= 7,4 m
- Volume panjang *sheet pile*
= panjang x lebar kayu x kedalaman penanaman x 2
= 16,15 m x 0,06 m x 4,15 m x 2
= 8,04 m³
- Volume lebar *sheet pile*
= lebar x lebar kayu x kedalaman penanaman x 2
= 7,4 x 0,06 m x 4,15 m x 2
= 3,69 m³
- Volume total *sheet pile*
= 8,04 m³ + 3,69 m³
= 11,73 m³

Pekerjaan penggalian tanah untuk konstruksi

Panjang = pekerjaan *sheet pile* = 16,15 m
Lebar = pekerjaan *sheet pile* = 6,9 m
Tinggi = 4,15 m

- Volume penggalian tanah untuk konstruksi
= panjang x lebar x tinggi
= 16,15 m x 7,4 m x 4,15 m
= 496 m³

Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1 m
= pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi
= 496 m³

Pengangkutan tanah keluar proyek
= pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi
= 496 m³

Pemasangan media filter

Media filter terpasang pada unit anaerobic filter yang diletakkan pada kompartemen akhir IPAL. Media filter yang digunakan adalah media sarang tawon.

Volume media filter = jumlah unit x (panjang x lebar x tinggi)
= 3 x (1,7m x 2m x 2,2m)
= 22,44 m³

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, upah, biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek. Penentuan RAB berdasarkan HSPK Kota Semarang tahun 2016.

5.4.1 Rencana Anggaran Biaya SPAL

Setelah diperoleh perhitungan BOQ, maka dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya pekerjaan yang mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Semarang tahun 2016. Untuk RAB Sumur Pengumpul dapat dilihat pada Tabel 5.25

hingga 5.29, sedangkan untuk analisis harga satuan pekerjaan SPAL terlampir di Lampiran C

Tabel 5. 25 RAB SPAL Cluster 1

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembongkaran Paving	m ²	5493,99	Rp25.104,00	Rp137.921.175,17
4	Penggalian Tanah	m ³	8523,54	Rp75.564,00	Rp644.072.926,17
2	Pemasangan Pipa PVC Ø 4"	m	8864,93	Rp149.364,05	Rp1.324.101.847,77
3	Pemasangan Pipa PVC Ø6"	m	257,45	Rp309.788,60	Rp79.755.075,07
5	Pengurugan Pasir	m ³	2495,83	Rp229.353,00	Rp572.426.680,04
6	Pengurugan Tanah Kembali dengan pemadatan	m ³	6027,71	Rp83.810,00	Rp505.182.328,34
7	Pemasangan paving blok lama	m ²	5493,99	Rp82.782,00	Rp454.803.645,74
8	Manhole	buah	140,00	Rp850.000,00	Rp119.000.000,00
8	Pembuangan tanah	m ³	2569,97	Rp40.837,00	Rp104.949.842,39
Jumlah					Rp3.942.213.520,70

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 26 RAB SPAL Cluster 2

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembongkaran Paving	m ²	6379,10	Rp25.104,00	Rp160.141.031,35
4	Penggalian Tanah	m ³	7687,41	Rp75.564,00	Rp580.891.476,60
2	Pemasangan Pipa PVC Ø 4"	m	5832	Rp149.364,05	Rp871.121.012,41
3	Pemasangan Pipa PVC Ø6"	m	40,83	Rp309.788,60	Rp12.647.894,07
5	Pengurugan Pasir	m ³	1641,10	Rp229.353,00	Rp376.391.251,10
6	Pengurugan Tanah Kembali dengan pemadatan	m ³	6046,31	Rp83.810,00	Rp506.741.255,81
7	Pemasangan paving blok lama	m ²	6379,10	Rp82.782,00	Rp528.075.002,29
8	Manhole	buah	79,00	Rp850.000,00	Rp67.150.000,00
9	Pembuangan tanah	m ³	1689,77	Rp40.837,00	Rp69.005.032,11
Jumlah					Rp3.172.163.955,74

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 27 RAB SPAL Cluster 3

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembongkaran Paving	m ²	15585,45	Rp25.104,00	Rp391.257.214,64
2	Penggalian Tanah	m ³	16763,99	Rp75.564,00	Rp1.266.753.956,17
3	Pemasangan Pipa PVC Ø 4"	m	9472	Rp123.235,00	Rp1.167.232.626,00
4	Pengurugan Pasir	m ³	2709,60	Rp229.353,00	Rp621.454.520,43
6	Pengurugan Tanah Kembali dengan pemadatan	m ³	14054,39	Rp83.810,00	Rp1.177.898.356,22
7	Pemasangan paving blok lama	m ²	15585,45	Rp82.782,00	Rp1.290.194.978,59
8	Pembuangan tanah	m ³	2788,78	Rp40.837,00	Rp113.885.260,18
Jumlah					Rp6.028.676.912,23

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 28 RAB SPAL Cluster 4

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembongkaran Paving	m ²	22098,06	Rp25.104,00	Rp554.749.703,26
2	Penggalian Tanah	m ³	35590,58	Rp75.564,00	Rp2.689.366.713,16
3	Pemasangan Pipa PVC Ø 4"	m	15770	Rp149.364,05	Rp2.355.466.587,58
4	Pemasangan Pipa PVC Ø6"	m	207,02	Rp309.788,60	Rp64.132.435,97
5	Pemasangan Pipa PVC Ø8"	m	897,80	Rp507.590,60	Rp455.714.840,68
6	Pemasangan Pipa PVC Ø10"	m	251,40	Rp774.979,70	Rp194.829.896,58
7	Pengurugan Pasir	m ³	4804,61	Rp229.353,00	Rp1.101.951.297,03
8	Pengurugan Tanah Kembali dengan pemadatan	m ³	30785,97	Rp83.810,00	Rp2.580.172.439,08
9	Pemasangan paving blok lama	m ²	22098,06	Rp82.782,00	Rp1.829.321.619,48
10	Manhole cover	buah	277,00	Rp850.000,00	Rp235.450.000,00
11	Pembuangan tanah	m ³	662,94	Rp40.837,00	Rp27.072.554,53
Jumlah					Rp12.088.228.087,35

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 29 RAB SPAL Cluster 5

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembongkaran Paving	m ²	3334,91	Rp25.104,00	Rp83.719.505,33
4	Penggalian Tanah	m ³	7077,59	Rp75.564,00	Rp534.811.216,01
2	Pemasangan Pipa PVC Ø 4"	m	4884	Rp149.364,05	Rp729.434.274,58
3	Pemasangan Pipa PVC Ø6"	m	536,21	Rp309.788,60	Rp166.111.745,21
5	Pengurugan Pasir	m ³	1514,93	Rp229.353,00	Rp347.453.200,66
6	Pengurugan Tanah Kembali dengan pemadatan	m ³	5562,67	Rp83.810,00	Rp466.206.959,44
7	Pemasangan paving blok lama	m ²	3334,91	Rp82.782,00	Rp276.070.271,27
8	Manhole cover	buah	170	Rp850.000,00	Rp144.500.000,00
9	Pembuangan tanah	m ³	1563,48	Rp40.837,00	Rp63.847.691,52
Jumlah					Rp2.812.154.864,01

Sumber: Hasil Perhitungan

5.4.2 Rencana Anggaran Biaya IPAL

RAB sistem penyaluran air limbah meliputi pekerjaan penggalian tanah, pengangkutan tanah galian, pengangkutan tanah keluar proyek, pemasangan pipa, dan urugan pasir. Setelah diperoleh perhitungan BOQ, maka dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya yang mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Semarang tahun 2016. Analisis harga satuan pekerjaan IPAL dapat dilihat pada Lampiran C. Rencana anggaran biaya terdiri dari pembangunan sumur pengumpul dan unit pengolahan IPAL. Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.30 – Tabel 5.34 dan perhitungan unit IPAL ABR-AF dapat dilihat pada Tabel 5.35 – 5.39.

Tabel 5. 30 RAB Sumur Pengumpul Cluster 1

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	0,39	92.855,84	36.419,55
2	Pembongkaran paving	m ²	1	92.855,84	92.927,49
3	Pembersihan 1m ² lapanggan dan perataaan	m ²	1	11.275,00	11.283,70
SUB TOTAL					140.630,74

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m ³	7,77	75.564,50	586.878,54
2	Urugan tanah	m ³	0,78	279.851,00	217.348,82
3	Buangan tanah sisa	m ³	6,99	22.715,00	158.776,30
	SUB TOTAL				963.003,65
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	0,14	279.851,00	40.324,46
2	Pondasi batu belah	m3	0,14	1.074.115,90	154.772,14
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	0,10	974.991,48	95.601,82
	SUB TOTAL				290.698,42
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Beton K.200	m3	4,66	1.204.018,39	5.610.157,18
2	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	435,06	133.358,50	58.018.340,66
3	Bekisting sloof	m2	19,78	125.758,88	2.486.912,84
	SUB TOTAL				66.115.410,68
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,80	85.479,35	666.738,93
	SUB TOTAL				666.738,93
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	4,66	68.590,77	319.600,61
	SUB TOTAL				319.600,61
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan pompa	m3	1	5.560.000,00	5.560.000,00
	SUB TOTAL				5.560.000,00
	TOTAL				74.056.083,04

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 31 RAB Sumur Pengumpul Cluster 2

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	0,72	92.855,84	66.865,23
3	Pembersihan 1m2 lapanggan dan perataan	m2	2	11.275,00	25.284,08

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
SUB TOTAL					92.149,30
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m ³	19,19	75.564,50	1.450.136,40
2	Urugan tanah	m ³	1,92	279.851,00	537.053,94
3	Buangan tanah sisa	m ³	17,27	22.715,00	392.325,28
SUB TOTAL					2.379.515,62
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	0,29	279.851,00	80.638,73
2	Pondasi batu belah	m3	0,29	1.074.115,90	309.505,21
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	0,18	974.991,48	175.522,15
SUB TOTAL					565.666,09
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Beton K.200	m3	12,60	1.204.018,39	15.167.874,24
2	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	1.225,48	133.358,50	163.427.642,22
3	Bekisting sloof	m2	43,15	303.700,00	13.103.291,44
SUB TOTAL					191.698.807,89
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,91	85.479,35	676.141,66
SUB TOTAL					676.141,66
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	12,60	68.590,77	864.086,65
SUB TOTAL					864.086,65
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan pompa	m3	1	5.560.000,00	5.560.000,00
SUB TOTAL					5.560.000,00
TOTAL					201.836.367,21

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 32 RAB Sumur Pengumpul Cluster 3

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	0,39	159.000,00	62.328,00
2	Pembongkaran paving	m2	1	-	-
3	Pembersihan 1m2 lapanggan dan perataaan	m2	1	-	-
	SUB TOTAL				62.328,00
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m³	8,41	75.564,50	635.467,22
2	Urugan tanah	m³	0,84	279.851,00	235.343,50
3	Buangan tanah sisa	m³	7,57	22.715,00	171.921,66
	SUB TOTAL				1.042.732,37
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	0,14	279.851,00	40.298,54
2	Pondasi batu belah	m3	0,14	1.074.115,90	154.672,69
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	0,10	974.991,48	95.549,16
	SUB TOTAL				290.520,40
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Beton K.200	m3	5,02	1.204.018,39	6.039.356,23
2	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	474,32	133.358,50	63.254.603,72
3	Bekisting sloof	m2	12,76	303.700,00	3.875.212,00
	SUB TOTAL				73.169.171,95
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	5,20	85.479,35	444.492,62
	SUB TOTAL				444.492,62
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran	m2	5,02	68.590,77	344.051,32

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
	1Sp:1PP tebal 15mm				
	SUB TOTAL				344.051,32
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan pompa	m3	1	5.560.000,00	5.560.000,00
	SUB TOTAL				5.560.000,00
	TOTAL				80.913.296,66

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 33 RAB Sumur Pengumpul Cluster 4

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	1,84	92.855,84	170.955,69
3	Pembersihan 1m2 lapangan dan perataan	m2	7	11.275,00	78.228,19
	SUB TOTAL				249.183,88
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m³	53,65	75.564,50	4.054.227,32
2	Urugan tanah	m³	5,37	279.851,00	1.501.471,68
3	Buangan tanah sisa	m³	48,29	22.715,00	1.096.845,69
	SUB TOTAL				6.652.544,69
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	0,80	279.851,00	224.771,21
2	Pondasi batu belah	m3	0,80	1.074.115,90	862.710,26
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	0,46	974.991,48	448.761,07
	SUB TOTAL				1.536.242,54
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Beton K.200	m3	38,78	1.204.018,39	46.690.338,68
2	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	3.803,80	133.358,50	507.268.813,39
3	Bekisting sloop	m2	139,60	303.700,00	42.395.475,49
	SUB TOTAL				596.354.627,56
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,48	85.479,35	639.385,54
	SUB TOTAL				639.385,54
VI	PEKERJAAN FINISHING				

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	38,78	68.590,77	2.659.865,04
	SUB TOTAL				2.659.865,04
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan pompa	m3	1	5.560.000,00	5.560.000,00
	SUB TOTAL				5.560.000,00
	TOTAL				613.651.849,25

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 34 RAB Sumur Pengumpul Cluster 5

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	0,97	92.855,84	89.884,45
3	Pembersihan 1m2 lapangan dan perataan	m2	3,24	11.275,00	36.531,00
	SUB TOTAL				126.415,45
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m ³	24,88	75.564,50	1.880.044,76
2	Urugan tanah	m ³	2,49	279.851,00	696.269,29
3	Buangan tanah sisa	m ³	22,39	22.715,00	508.634,28
	SUB TOTAL				3.084.948,33
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	0,40	279.851,00	111.940,40
2	Pondasi batu belah	m3	0,40	1.074.115,90	429.646,36
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	0,24	974.991,48	235.947,94
	SUB TOTAL				777.534,70
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Beton K.200	m3	17,00	1.204.018,39	20.472.936,01
2	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	1.645,14	133.358,50	219.393.722,75
3	Bekisting sloof	m2	59,23	303.700,00	17.987.300,64
	SUB TOTAL				257.853.959,40
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				

1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,91	85.479,35	676.141,66
	SUB TOTAL				676.141,66
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	17,00	68.590,77	1.166.306,53
	SUB TOTAL				1.166.306,53
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan pompa	m3	1	5.560.000,00	5.560.000,00
	SUB TOTAL				5.560.000,00
	TOTAL				269.245.306,06

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 35 RAB IPAL Cluster 1

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	18,11	92.855,84	1.681.804,95
2	Pembongkaran paving	m2	119,51	92855,838 9	11097201,31
3	Pembersihan 1m2 lapangan dan perataan	m2	119,51	11.275,00	1.347.475,25
	SUB TOTAL				14.126.481,51
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m ³	495,97	75.564,50	37.477.460,59
2	Urugan tanah	m ³	49,60	279851	13879672,1
3	Buangan tanah sisa	m ³	446,37	22.715,00	10.139.291,14
	SUB TOTAL				61.496.423,83
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	9,06	279.851,00	2.534.330,66
2	Pondasi batu belah	m3	9,06	1074115,9	9727193,59
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	4,53	974.991,48	4.414.761,42
	SUB TOTAL				16.676.285,66
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Sheet Pile	m3	11,73	971.183,14	11.389.938,70
2	Pekerjaan Beton K.200	m3	110,44	1204018,3 87	132969382,6
3	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	5.011,60	133.358,50	668.339.458,60
4	Bekisting dinding	m2	45,56	360.054,75	16.404.094,41
5	Bekisting lantai	m2	18,624	412841	7688750,784
6	Bekisting atap	m2	18,624	412.841,00	7.688.750,78
7	Bekisting antar kompartemen	m3	20,13	360.054,75	7.247.902,12
	SUB TOTAL				851728278
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	4,50	85.479,35	384.657,08
	SUB TOTAL				384.657,08
VI	PEKERJAAN FINISHING				

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	110,44	68.590,77	7.575.027,77
	SUB TOTAL				7.575.027,77
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan media filter	m3	22,44	65500	1.469.820,00
	SUB TOTAL				1.469.820,00
	TOTAL				953.456.973,87

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 36 RAB IPAL Cluster 2

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	27,61	92.855,84	2.563.564,00
3	Pembersihan 1m2 lapangan dan perataan	m2	173,94	11.275,00	1.961.173,50
	SUB TOTAL				4.524.737,50
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m ³	695,76	75.564,50	52.574.756,52
2	Urugan tanah	m ³	69,58	279.851,00	19.470.913,18
3	Buangan tanah sisa	m ³	626,18	22.715,00	14.223.769,56
	SUB TOTAL				86.269.439,26
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	13,80	279.851,00	3.863.063,20
2	Pondasi batu belah	m3	13,80	1.074.115,90	14.827.095,88
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	6,90	974991,479	6729391,188
	SUB TOTAL				25.419.550,28
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Sheet Pile	m3	13,32	971183,136	12937616,15

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
2	Pekerjaan Beton K.200	m3	139,39	1.204.018,39	167.831.133,01
3	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	4.771,80	133.358,50	636.360.090,30
4	Bekisting dinding	m2	43,38	360.054,75	15.619.175,06
5	Bekisting lantai	m2	28,42	412.841,00	11.732.941,22
6	Bekisting atap	m2	28,42	412.841,00	11.732.941,22
7	Bekisting antar kompartemen	m3	31,4175	360.054,75	11.312.020,11
SUB TOTAL					856.213.896,95
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,50	85.479,35	641.095,13
SUB TOTAL					641.095,13
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	139,39	68.590,77	9.561.039,30
SUB TOTAL					9561039,298
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan media filter	m3	6,38	65.500,00	418.051,19
SUB TOTAL					418.051,19
TOTAL					983.047.809,60

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 37 RAB IPAL Cluster3

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	6,02	92.855,84	558.620,73

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
2	Pembongkaran paving	m2	47,88	92855,8389	4445937,567
3	Pembersihan 1m2 lapangan dan perataan	m2	47,88	11.275,00	539.847,00
SUB TOTAL					5.544.405,29
II PEKERJAAN TANAH					
1	Galian Tanah	m³	169,97	75.564,50	12.844.000,32
2	Urugan tanah	m³	17,00	279.851,00	4.756.739,39
3	Buangan tanah sisa	m³	152,98	22715	3474863,469
SUB TOTAL					21.075.603,18
III PEKERJAAN PONDASI					
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	3,01	279.851,00	841.791,81
2	Pondasi batu belah	m3	3,01	1.074.115,90	3.230.940,63
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	1,50	974.991,48	1.466.387,18
SUB TOTAL					5.539.119,62
IV PEKERJAAN BETON					
1	Pekerjaan Sheet Pile	m3	7,77	971183,136	7544927,547
2	Pekerjaan Beton K.200	m3	31,70	1.204.018,39	38.163.770,81
3	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	915,20	133.358,50	122.049.699,20
4	Bekisting dinding	m2	8,32	360.054,75	2.995.655,52
5	Bekisting lantai	m2	6,27	412.841,00	2.589.338,75
6	Bekisting atap	m2	6,27	412841	2589338,752
7	Bekisting antar kompartemen	m3	9,41	360.054,75	3.387.395,09
SUB TOTAL					179.320.125,67
V PEKERJAAN PERPIPAAN					
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	9,00	85.479,35	769.314,15
SUB TOTAL					769314,15

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	31,70	68.590,77	2.174.121,73
	SUB TOTAL				2.174.121,73
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan media filter	m3	7,658953188	65500	501661,4338
	SUB TOTAL				501.661,43
	TOTAL				214.924.351,07

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 38 RAB IPAL Cluster 4

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	45,37	92.855,84	4.212.683,70
3	Pembersihan 1m2 lapangan dan perataan	m2	271,44	11.275,00	3.060.486,00
	SUB TOTAL				7.273.169,70
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m ³	1.126,48	75.564,50	85.121.595,70
2	Urugan tanah	m ³	112,65	279.851,00	31.524.543,51
3	Buangan tanah sisa	m ³	1.013,83	22.715,00	23.029.112,11
	SUB TOTAL				139675251,3
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	22,68	279.851,00	6.348.140,08
2	Pondasi batu belah	m3	22,68	1.074.115,90	24.365.245,08
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	11,34	974.991,48	11.058.353,35
	SUB TOTAL				41771738,51
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Sheet Pile	m3	17,43	971.183,14	16.927.722,06
2	Pekerjaan Beton K.200	m3	202,88	1.204.018,39	244.267.638,30

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
3	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	6.890,40	133.358,50	918.893.408,40
4	Bekisting dinding	m2	62,64	360.054,75	22553829,54
5	Bekisting lantai	m2	46,216	412.841,00	19.079.859,66
6	Bekisting atap	m2	46,216	412.841,00	19.079.859,66
7	Bekisting antar kompartemen	m3	34,68	360.054,75	12.486.698,73
	SUB TOTAL				1.240.802.317,61
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,50	85.479,35	641.095,13
	SUB TOTAL				641.095,13
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	202,88	68.590,77	13.915.490,21
	SUB TOTAL				13.915.490,21
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan media filter	m3	6,38	65.500,00	418.051,19
	SUB TOTAL				418.051,19
	TOTAL				1.444.497.113,67

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 39 RAB IPAL Cluster 5

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buowplank	m	33,92	92.855,9	3.149.670,05
3	Pembersihan 1m2 lapanggan dan perataan	m2	208,8	11.275,00	2.354.220,00
	SUB TOTAL				5.503.890,06
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m³	866,52	75.564,50	65.478.150,54
2	Urugan tanah	m³	86,65	279.851	24.249.648,85
3	Buangan tanah sisa	m³	779,87	22.715,00	17.714.701,62
	SUB TOTAL				107.442.501,01

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	16,96	279.851,00	4.746.272,96
2	Pondasi batu belah	m3	16,96	1074115,9	18217005,66
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	8,48	974.991,48	8.267.927,74
	SUB TOTAL				31.231.206,37
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Sheet Pile	m3	14,74	971.183	14.316.016,37
2	Pekerjaan Beton K.200	m3	163,38	1.204.018	196707708
3	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	5.464,80	133.358,5	728.777.530,80
4	Bekisting dinding	m2	49,68	360.054,	17.887.519,98
5	Bekisting lantai	m2	34,768	412841	14353655,89
6	Bekisting atap	m2	34,768	412.841	14.353.655,89
7	Bekisting antar kompartemen	m3	34,41	360.054	12.389.483,95
	SUB TOTAL				986.396.086,9
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,50	85.479,35	641.095,13
	SUB TOTAL				641.095,13
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	163,38	68.590,77	11.206.086,10
	SUB TOTAL				11.206.086,10
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan media filter	m3	6,38246099	65500	418051,1948
	SUB TOTAL				418.051,19
	TOTAL				1.142.838.916,77

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah diketahui perhitungan biaya anggaran jaringan SPAL dan IPAL, maka dapat dicari biaya investasi setiap Kepala Keluarga berdasarkan pembagian *cluster*. Berikut adalah perhitungan investasi per kepala keluarga yang akan tersaji pada tabel 5,40

Tabel 5. 40 Rencana Investasi per KK

CLUSTER	TOTAL RAB (SPAL+IPAL)	JUMLAH KK	INVESTASI PER KK
1	Rp4.969.726.577,60	908	Rp5.473.267,16
2	Rp4.357.048.132,55	916	Rp4.756.602,76
3	Rp13.435.522.501,48	3373	Rp3.983.256,00
4	Rp14.146.377.050,27	5147	Rp2.748.470,38
5	Rp4.224.239.086,84	1333	Rp3.168.971,56

Sumber: Hasil Perhitungan

5.4.3 Rencana Anggaran Biaya Operasi dan Pemeliharaan

Dalam pengoperasian dan pemeliharaan tentunya dibutuhkan biaya, maka pengguna yaitu masyarakat diwajibkan berpartisipasi melalui biaya retribusi yang dikelola oleh organisasi lingkungan yang telah didirikan. Masyarakat merupakan subjek utama sehingga dibebani biaya retribusi, disini lain biaya retribusi bertujuan agar masyarakat mempunyai rasa memiliki sehingga timbul kesadaran dan kepedulian, tentunya dengan kemampuan ekonomi dari masyarakat pengguna. Berikut adalah rincian pengeluaran dana operasi dan pemeliharaan jaringan SPAL dan IPAL.

Tabel 5. 41 Biaya Pemeliharaan Per Tahun untuk 1 cluster

No	Jenis Kegiatan	Frekuensi	Harga	Jumlah
1	Inspeksi Manhole	2x1 tahun	Rp2.000.000,00	Rp4.000.000,00
2	Pengurasan lumpur	2x1 tahun	Rp2.000.000,00	Rp4.000.000,00
3	Listrik pompa	12 bulan	Rp500.000,00	Rp6.000.000,00

No	Jenis Kegiatan	Frekuensi	Harga	Jumlah
4	Pemeriksaan Effluen (2sampel)	2x1 tahun	Rp350.000,00	Rp1.400.000,00
5	Operator 2 orang	12 bulan	Rp1.500.000,00	Rp36.000.000,00
Total				Rp51.400.000,00

Sumber: Hasil perhitungan

Dari biaya operasi dan pemeliharaan per tahun, dapat dihitung biaya retribusi per bulannya yang dibayarkan oleh masing-masing KK. Biaya retribusi tiap cluster dapat dilihat pada Tabel 5.42.

Tabel 5. 42 Biaya Retribusi per bulan

CLUSTER	JUMLAH KK	Biaya Retribusi/bulan
1	908	Rp5.000,00
2	916	Rp5.000,00
3	3373	Rp5.000,00
4	5147	Rp3.000,00
5	1333	Rp4.000,00

Sumber: Hasil perhitungan

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan pengolahan air limbah domestic di Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang ini adalah:

1. Perencanaan pengolahan air limbah domestic terbagi menjadi 5 cluster dengan sistem penyaluran air limbah menggunakan sistem *shallow sewer*. Pipa yang digunakan adalah pipa PVC tipe AW dengan diameter 100 - 250 mm. Terdapat bangunan pelengkap manhole yang terdiri dari manhole lurus, manhole belok, manhole pertigaan, manhole perempatan dan drop manhole.
2. Pengolahan air limbah domestic menggunakan kombinasi anaerobic baffled reactor dan anaerobic filter. Masing-masing IPAL tiap cluster memiliki dimensi sebagai berikut:
 - Untuk cluster 1, IPAL terbagi 3 bagian dengan masing-masing 5 kompartemen (4 baffled reactor dan 1 filter). Dimensi keseluruhan unit IPAL 15,65 m x 6,8 m x 4,2 m
 - Untuk cluster 2, IPAL terbagi 3 bagian dengan masing-masing 5 kompartemen (4 baffled reactor dan 1 filter). Dimensi keseluruhan unit IPAL 16,55 m x 7,4 m x 4,05 m
 - Untuk cluster 3, IPAL 5 baffled reactor dan 1 filter. Dimensi keseluruhan unit IPAL 15 m x 1,9 m x 3,6 m
 - Untuk cluster 4, IPAL terbagi 4 bagian dengan masing-masing 5 kompartemen (5 baffled reactor dan 1 filter). Dimensi keseluruhan unit IPAL 20,35 m x 12 m x 3,7 m
 - Untuk cluster 5, IPAL terbagi 3 bagian dengan masing-masing 5 kompartemen (4 baffled reactor dan 1 filter). Dimensi keseluruhan unit IPAL 15,45 m x 7,8 m x 3,6 m
3. Total rencana anggaran biaya sistem penyaluran dan pengolahan untuk masing-masing cluster adalah sebagai berikut
 - RAB IPAL cluster 1 adalah Rp 4.969.726.577,60
 - RAB IPAL cluster 2 adalah Rp 4.357.048.132,55

- RAB IPAL cluster 3 adalah Rp13.435.522.501,48
 - RAB IPAL cluster 4 adalah Rp Rp14.146.377.050,27
 - RAB IPAL cluster 5 adalah Rp Rp4.224.239.086,84
- Biaya investasi per- KK berkisar antara Rp 3.000.000,00-
Rp5.500.000,00
4. Biaya retribusi untuk operasi dan pemeliharaan Rp 3.000,00
– Rp 5.000,00

6.2 Saran

Apabila akan diimplementasikan harus diverifikasi kembali dengan data lapangan dengan tujuan mendapatkan hasil yang lebih baik dan detail.

DAFTAR PUSTAKA

- ASCE & WPCF. 1969. *Design and Construction of Sanitary and Storm Sewer*. Washington DC: American Society of Civil Engineering (ASCE)
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. 2016. *Kecamatan Semarang Barat Dalam Angka 2016*.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. 2016. *Statistik Daerah Kecamatan Semarang Barat 2016*.
- Bodkhe, S. 2008. *Development of An Improved Anaerobic Filter for Municipal Wastewater Treatment*. Bioresource Technology 99 222-226
- Bodkhe, S. Y. 2009. *A Modified Anaerobic Baffled Reactor for Municipal Wastewater Treatment*. Journal of Environmental Management 90. 2488-2493
- Büsser, S., Pham, T. N., Antoine, M., & Nguyen, V. A. 2007. *Characteristics and quantities of domestic wastewater in urban and peri-urban households in Hanoi*. Annual Report of FY 2006, The Core University Program between Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) and Vietnamese Academy of Science and Technology. 395-397
- Fajarwati, A. 2000. *Perencanaan Sistem penyaluran Air Buangan Domestik Kota Palembang (Studi Kasus: Kecamatan Ilir Timur I dan Kecamatan Ilir Timur II)*. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan ITB
- Fitria, Yulia. 2008. *Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM₄ (Effective Microorganisme 4)*. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Institut Pertanian Bogor.
- Gill, L. W., O'lunaigh, N., Johnston, P. M., Misstear, B. D. R., & O'suilleabhain, C. 2009. *Nutrient loading on subsoils from on-site wastewater effluent, comparing septic tank and secondary treatment systems*. Water Research, 43(10), 2739-2749.
- Gutterer, B. Sasse, L. Panzerbieter, T. dan Reckerzügel, T. 2009. *Decentralised wastewater treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries: A Practical Guide*. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA)

- Hardjosuprpto, M. 2000. *Penyaluran Air Buangan: Volume II*. Bandung: ITB
- Herrari, S. 2015. *Perencanaan Teknologi Sanitasi sebagai Upaya Bebas Buang Air Besar Sembarangan di kecamatan Tegalsari Kota Surabaya*. Skripsi. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS
- Iskandar, S., Fransisca, I., Arianto, E., Ruslan, A. 2016. *Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik – Terpusat Skala Pemukiman*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Khrisna, G. G., Kumar, P., dan Kumar, P. 2008. *Treatment of Low Strength Complex Wastewater Using An Anaerobic Baffled reactor (ABR)*. Bioresource Technology 99 (17), 8193-8200
- Khrisna, G. G., Kumar, P., dan Kumar, P. 2008. *Treatment of Low Strength Soluble Wastewater Using An Anaerobic Baffled reactor (ABR)*. Journal of Environmental Management 90 (1), 166-176
- Kurniawan, A., dan Dewi, A. D. 2015. *Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Kota Bogor Menggunakan Air Hujan untuk Debit Penggelontoran*. Jurnal Manusia dan Lingkungan 22 (1), 39-51
- Ledin, A., Eriksson, E., dan Henze, M. 2001. *Aspects of Groundwater Recharge Using Grey Wastewater*. In: P. Lens, G. Zeemann and G. Lettinga (Editors). Decentralised Sanitation and Reuse. London: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Mara, D. 2003. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. London: Earthscan
- Massoud, M. A., Tarhini, A., & Nasr, J. A. 2009. *Decentralized Approaches to Wastewater Treatment and Management: Applicability in Developing Countries*. Journal of Environmental Management, 90(1), 652-659.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., dan Stensel, H. D. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 4th Edition*. New York: McGraw Hill

- Metcalf & Eddy, and George Tchobanoglous. 1981. *Wastewater engineering: collection and pumping of wastewater*. New York: McGraw-Hill
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods*. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah. 2012. *Baku Mutu Air Limbah Nomor 5 Tahun 2012*.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. 2015. *Penggunaan Sumber Daya Air Nomor 09 Tahun 2015*
- Peraturan Pemerintah Indonesia. 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Nomor 82 Tahun 2001*
- Purwanto, E. 2008. *Studi Anaerobic Baffled reactor (ABR) untuk Mengolah Air Limbah Domestik dari Rumah Susun*. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan ITS
- Reay, William G. 2004. *Septic Tanks Impacts on Ground Water Quality and Nearshore Sediment Nutrien Flux*. Groundwater. Vol 42 (7). 1079 - 1089
- Rivai, Y., Ali Masduki, dan Bowo Djoko M. 2006. *Evaluasi Sistem Distribusi dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Gorontalo*. Jurnal SMARTek 4(2)
- Sasse, L., 2009, *Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries*. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA)
- Siregar, A.S. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Kanisius
- Syafrudin. 2014. *Ringkasan Disertasi Pengolahan Air Limbah Domestik Tipe Greywater Menggunakan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*. Semarang: Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
- Tilley, E., dan Peters, S. 2008. *Sanitation Systems and Technologies*. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG) / Departement of Water and Sanitation in Developing Countries (Sandec)
- Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., dan Schertenleib, R. 2014. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies 2nd Revised Edition*. Dübendorf: Swiss

- Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG).
- Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lingkungan Hidup
- US EPA. 2004. *Guidelines for Water Reuse*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- US EPA. 2004. *Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- WSP (Water and Sanitation Programs). 2013. *Review of Community-Managed Decentralized Wastewater Treatment Systems in Indonesia*. Washington: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank

BIOGRAFI PENULIS



Aulia Rahmanissa, lahir pada 6 Juni 1995 di Semarang sebagai putri pertama dari pasangan Rusli Anwar dan Rizkie Arumingtyas. Setelah selesai menempuh pendidikan dasar di SDN Proyonanggan 11 Kab. Batang, SMP Negeri 1 Semarang, dan SMA Negeri 3 Semarang, penulis melanjutkan studi di S1 Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya. Semasa kuliah, penulis turut aktif dalam kegiatan sebagai pengurus Departemen Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL). Topik

yang diambil oleh penulis sebagai tugas akhir adalah Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang.

Data pribadi penulis

Nama : Aulia Rahmanissa
Alamat : Puspowarno Tengah V/16, Semarang
Telp/HP : 085869746920
E-mail : rahmanissa06@gmail.com

Tabel 1 Perhitungan Pembebanan Cluster 1

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
1a - 1b	primer	1,35%	49	8849,4	7079,5	7,08	1,22	8,64	0,04
5 - 1	tersier	0,66%	24	4334,4	3467,5	3,47	1,22	4,23	0,01
1 - 2	sekunder	1,66%	60	10836	8669	8,67	1,22	10,58	0,03
6 - 2	tersier	1,35%	49	8849,4	7079,5	7,08	1,22	8,64	0,04
2 - 3	sekunder	3,84%	139	25103,4	20082,7	20,08	1,22	24,50	0,08
7 - 3	tersier	0,69%	25	4515,0	3612,0	3,61	1,22	4,41	0,01
3 - 4	sekunder	5,19%	188	33952,8	27162,2	27,16	1,22	33,14	0,09
8 - 4	tersier	1,46%	53	9571,8	7657,4	7,66	1,22	9,34	0,05
4 - 1b	sekunder	8,42%	305	55083,0	44066,4	44,07	1,22	53,76	0,21
9 - 1b	sekunder	1,32%	48	8668,8	6935,0	6,94	1,22	8,46	0,04
1b - 1c	primer	11,09%	402	72601,2	58081,0	58,08	1,22	70,86	0,28
10 - 12	tersier	1,32%	48	8668,8	6935,0	6,94	1,22	8,46	0,04
11 - 12	tersier	1,32%	48	8668,8	6935,0	6,94	1,22	8,46	0,04
12 - 14	tersier	3,86%	140	25284,0	20227,2	20,23	1,22	24,68	0,10
13- 14	tersier	1,77%	64	11558,4	9246,7	9,25	1,22	11,28	0,07
14 - 18	tersier	6,07%	220	39732,0	31785,6	31,79	1,22	38,78	0,17
15 - 18	tersier	1,55%	56	10113,6	8090,9	8,09	1,22	9,87	0,05
18 - 19	tersier	8,06%	292	52735,2	42188,2	42,19	1,22	51,47	0,23
20 - 19	tersier	0,55%	20	3612,0	2889,6	2,89	1,22	3,53	0,01
19 - 21	tersier	8,61%	312	56347,2	45077,8	45,08	1,22	54,99	0,23
17 - 21	sekunder	0,77%	28	5056,8	4045,4	4,05	1,22	4,94	0,01
21 - 1c	sekunder	10,87%	394	71156,4	56925,1	56,93	1,22	69,45	0,29
1c - 1d	primer	21,96%	796	143757,6	115006,1	115,01	1,22	140,31	0,57
40 - 41	tersier	1,49%	54	9752,4	7801,9	7,80	1,22	9,52	0,05
42 - 41	sekunder	0,66%	24	4334,4	3467,5	3,47	1,22	4,23	0,01
39 - 38	tersier	0,69%	25	4515,0	3612,0	3,61	1,22	4,41	0,01

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
41 - 38	<i>sekunder</i>	2,81%	102	18421,2	14737,0	14,74	1,22	17,98	0,06
38 - 37	<i>sekunder</i>	6,54%	237	42802,2	34241,8	34,24	1,22	41,77	0,30
35 - 36	<i>tersier</i>	2,98%	108	19504,8	15603,8	15,60	1,22	19,04	0,22
34 - 36	<i>tersier</i>	0,77%	28	5056,8	4045,4	4,05	1,22	4,94	0,01
36 - 37	<i>tersier</i>	4,47%	162	29257,2	23405,8	23,41	1,22	28,56	0,24
37 - 1d	<i>sekunder</i>	11,67%	423	76393,8	61115,0	61,12	1,22	74,56	0,54
1d - 1e	primer	33,64%	1219	220151,4	176121,1	176,12	1,22	214,87	1,11
22 -29	<i>tersier</i>	0,63%	23	4153,8	3323,0	3,32	1,22	4,05	0,01
29 - 30	<i>sekunder</i>	2,15%	78	14086,8	11269,4	11,27	1,22	13,75	0,06
23 - 30	<i>tersier</i>	1,60%	58	10474,8	8379,8	8,38	1,22	10,22	0,06
30 - 31	<i>sekunder</i>	4,42%	160	28896,0	23116,8	23,12	1,22	28,20	0,12
24 - 31	<i>tersier</i>	1,55%	56	10113,6	8090,9	8,09	1,22	9,87	0,05
31 - 32	<i>sekunder</i>	6,62%	240	43344,0	34675,2	34,68	1,22	42,30	0,18
25 - 32	<i>tersier</i>	1,68%	61	11016,6	8813,3	8,81	1,22	10,75	0,06
32 - 33	<i>sekunder</i>	10,24%	371	67002,6	53602,1	53,60	1,22	65,39	0,32
27 - 28	<i>tersier</i>	1,74%	63	11377,8	9102,2	9,10	1,22	11,10	0,07
26 - 28	<i>tersier</i>	0,61%	22	3973,2	3178,6	3,18	1,22	3,88	0,01
28 - 33	<i>tersier</i>	2,68%	97	17518,2	14014,6	14,01	1,22	17,10	0,07
33 - 1e	<i>sekunder</i>	13,36%	484	87410,4	69928,3	69,93	1,22	85,31	0,40
1e - 1f	primer	46,99%	1703	307561,8	246049,4	246,05	1,22	300,18	1,51
43 - 45	<i>tersier</i>	0,99%	36	6501,6	5201,3	5,20	1,22	6,35	0,02
44 - 45	<i>tersier</i>	0,61%	22	3973,2	3178,6	3,18	1,22	3,88	0,01
45 - 46	<i>tersier</i>	2,29%	83	14989,8	11991,8	11,99	1,22	14,63	0,03
47 - 46	<i>tersier</i>	0,83%	30	5418,0	4334,4	4,33	1,22	5,29	0,01
46 - 51	<i>tersier</i>	3,56%	129	23297,4	18637,9	18,64	1,22	22,74	0,05
50 - 51	<i>tersier</i>	0,63%	23	4153,8	3323,0	3,32	1,22	4,05	0,01
51 - 52	<i>tersier</i>	4,94%	179	32327,4	25861,9	25,86	1,22	31,55	0,07

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
75 - 52	sekunder	0,99%	36	6501,6	5201,3	5,20	1,22	6,35	0,02
52 - 54	sekunder	6,71%	243	43885,8	35108,6	35,11	1,22	42,83	0,10
53 - 54	tersier	1,60%	58	10474,8	8379,8	8,38	1,22	10,22	0,06
54 - 58	sekunder	9,30%	337	60862,2	48689,8	48,69	1,22	59,40	0,17
55 - 56	tersier	1,88%	68	12280,8	9824,6	9,82	1,22	11,99	0,08
48 - 56	tersier	1,55%	56	10113,6	8090,9	8,09	1,22	9,87	0,05
56 - 57	tersier	3,97%	144	26006,4	20805,1	20,81	1,22	25,38	0,13
49 - 57	tersier	1,24%	45	8127,0	6501,6	6,50	1,22	7,93	0,03
57 - 58	tersier	6,48%	235	42441,0	33952,8	33,95	1,22	41,42	0,20
58 - 60	sekunder	16,67%	604	109082,4	87265,9	87,27	1,22	106,46	0,39
59 - 60	tersier	2,81%	102	18421,2	14737,0	14,74	1,22	17,98	0,19
60 - 1f	sekunder	20,42%	740	133644,0	106915,2	106,92	1,22	130,44	0,59
1f - 1g	primer	67,41%	2443	441205,8	352964,6	352,96	1,22	430,62	2,11
16 - 1ba	sekunder	3,31%	120	21672,0	17337,6	17,34	1,22	21,15	0,27
1ba - 1bb	primer	4,19%	152	27451,2	21961,0	21,96	1,22	26,79	0,29
72 -69	tersier	1,71%	62	11197,2	8957,8	8,96	1,22	10,93	0,06
68 - 69	sekunder	1,60%	58	10474,8	8379,8	8,38	1,22	10,22	0,06
69 - 70	sekunder	5,08%	184	33230,4	26584,3	26,58	1,22	32,43	0,19
73 - 70	tersier	1,10%	40	7224,0	5779,2	5,78	1,22	7,05	0,02
70 - 71	sekunder	7,17%	260	46956,0	37564,8	37,56	1,22	45,83	0,23
74 - 71	tersier	1,43%	52	9391,2	7513,0	7,51	1,22	9,17	0,04
71 - 1bb	sekunder	9,77%	354	63932,4	51145,9	51,15	1,22	62,40	0,30
1bb - 1bc	primer	14,96%	542	97885,2	78308,2	78,31	1,22	95,54	0,61
67 - 1 bc	sekunder	2,76%	100	18060,0	14448,0	14,45	1,22	17,63	0,18
1bc - 1bd	primer	18,38%	666	120279,6	96223,7	96,22	1,22	117,39	0,80
66 - 1bd	sekunder	3,31%	120	21672,0	17337,6	17,34	1,22	21,15	0,27
1bd - 1g	primer	22,24%	806	145563,6	116450,9	116,45	1,22	142,07	1,08

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
76 - 1 aa	<i>sekunder</i>	0,77%	28	5056,8	4045,4	4,05	1,22	4,94	0,01
1aa - 1ab	primer	1,32%	48	8668,8	6935,0	6,94	1,22	8,46	0,02
61 - 1 ab	<i>sekunder</i>	0,88%	32	5779,2	4623,4	4,62	1,22	5,64	0,01
1ab - 1ac	primer	2,76%	100	18060,0	14448,0	14,45	1,22	17,63	0,04
62 - 1ac	<i>sekunder</i>	1,60%	58	10474,8	8379,8	8,38	1,22	10,22	0,06
1 ac - 1h	primer	5,30%	192	34675,2	27740,2	27,74	1,22	33,84	0,11
1g - 1h	primer	89,65%	3249	586769,4	469415,5	469,42	0,00	572,69	3,18
1h - 1i	primer	95,39%	3457	624334,2	499467,4	499,47	0,00	609,35	3,29
65 - 1i	<i>sekunder</i>	1,55%	56	10113,6	8090,9	8,09	1,22000	9,87087	0,05092
1i - 1j	primer	97,49%	3533	638059,8	510447,8	510,45	1,22	622,75	3,35
63 - 1k	<i>sekunder</i>	1,52%	55	9933,0	7946,4	7,95	1,22	9,69	0,05
64 - 1k	<i>sekunder</i>	0,66%	24,00	4334,40	3467,52	3,47	1,22	4,23	0,01
1k - 1j	<i>sekunder</i>	2,51%	91	16434,6	13147,7	13,15	1,22	16,04	0,06
1j - IPAL	primer	100%	3624,00	654494,4	523595,5	523,60	1,22	638,79	3,41

Tabel 2 Perhitungan Pembebanan Cluster 2

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
2a -2b	primer	0,87%	32,00	5779,20	4623,36	4,62	1,22	5,64	0,01
1 - 2b	<i>sekunder</i>	2,78%	102,00	18421,20	14736,96	14,74	1,22	17,98	0,19
2 - 2b	<i>sekunder</i>	3,17%	116,00	20949,60	16759,68	16,76	1,22	20,45	0,25
2b - 2c	primer	6,82%	250,00	45150,00	36120,00	36,12	3,66	44,07	0,46
7 - 6	<i>sekunder</i>	1,42%	52,00	9391,20	7512,96	7,51	1,22	9,17	0,04
5 - 6	<i>sekunder</i>	1,31%	48,00	8668,80	6935,04	6,94	1,22	8,46	0,04
6 - 2c	<i>sekunder</i>	5,19%	190,00	34314,00	27451,20	27,45	1,22	33,49	0,22
4 - 2c	<i>sekunder</i>	2,46%	90,00	16254,00	13003,20	13,00	1,22	15,86	0,14
2c - 2d	primer	14,47%	530,00	95718,00	76574,40	76,57	1,22	93,42	0,83

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
8 - 9	sekunder	1,75%	64,00	11558,40	9246,72	9,25	1,22	11,28	0,07
9a - 9	sekunder	1,20%	44,00	7946,40	6357,12	6,36	1,22	7,76	0,03
9 - 2d	sekunder	5,08%	186,00	33591,60	26873,28	26,87	1,22	32,79	0,20
14 - 13	sekunder	2,07%	76,00	13725,60	10980,48	10,98	1,22	13,40	0,10
12 - 13	sekunder	1,26%	46,00	8307,60	6646,08	6,65	1,22	8,11	0,03
13 - 11	sekunder	4,34%	159,00	28715,40	22972,32	22,97	1,22	28,03	0,15
10 - 11	sekunder	1,20%	44,00	7946,40	6357,12	6,36	1,22	7,76	0,03
11 - 2d	sekunder	8,32%	305,00	55083,00	44066,40	44,07	1,22	53,76	0,37
2d - 2e	primer	27,87%	1021,00	184392,60	147514,08	147,51	1,22	179,97	1,40
16 - 18	sekunder	2,89%	106,00	19143,60	15314,88	15,31	1,22	18,68	0,21
17 - 18	sekunder	2,62%	96,00	17337,60	13870,08	13,87	1,22	16,92	0,17
18 - 2e	sekunder	8,30%	304,00	54902,40	43921,92	43,92	1,22	53,58	0,56
19 - 2e	sekunder	3,17%	116,00	20949,60	16759,68	16,76	1,22	20,45	0,25
2e - 2f	primer	39,33%	1441,00	260244,60	208195,68	208,20	1,22	254,00	2,22
35 - 33	sekunder	2,57%	94,00	16976,40	13581,12	13,58	1,22	16,57	0,16
33 - 2h	sekunder	8,30%	304,00	54902,40	43921,92	43,92	1,22	53,58	1,09
34 - 2h	sekunder	8,73%	320,00	57792,00	46233,60	46,23	1,22	56,40	2,36
2h - 2g	primer	17,03%	624,00	112694,40	90155,52	90,16	1,22	109,99	3,45
25 - 27	sekunder	2,35%	86,00	15531,60	12425,28	12,43	1,22	15,16	0,13
26 - 27	sekunder	1,75%	64,00	11558,40	9246,72	9,25	1,22	11,28	0,07
27 - 2g	sekunder	6,82%	250,00	45150,00	36120,00	36,12	1,22	44,07	0,38
28 - 29	sekunder	1,77%	65,00	11739,00	9391,20	9,39	1,22	11,46	0,07
31 - 29	sekunder	1,86%	68,00	12280,80	9824,64	9,82	1,22	11,99	0,08
29 - 30	sekunder	5,65%	207,00	37384,20	29907,36	29,91	1,22	36,49	0,24
32 - 30	sekunder	1,53%	56,00	10113,60	8090,88	8,09	1,22	9,87	0,05
30 - 2g	sekunder	9,47%	347,00	62668,20	50134,56	50,13	1,22	61,16	0,42
2g - 2f	primer	33,32%	1221,00	220512,60	176410,08	176,41	1,22	215,22	4,25

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
22 - 24	sekunder	2,89%	106,00	19143,60	15314,88	15,31	1,22	18,68	0,21
23 - 24	sekunder	1,31%	48,00	8668,80	6935,04	6,94	1,22	8,46	0,04
24 - 2f	sekunder	6,63%	243,00	43885,80	35108,64	35,11	1,22	42,83	0,38
2f - 2m	primer	81,96%	3003,00	542341,80	433873,44	433,87	1,22	529,33	7,03
15 - 2i	sekunder	2,62%	96	17337,6	13870,08	13,87	1,22	16,92	0,17
2i - 2j	primer	4,80%	176,00	31785,60	25428,48	25,43	1,22	31,02	0,28
21 - 2j	sekunder	2,18%	80	14448	11558,4	11,56	1,22	14,10	0,11
2j - 2k	primer	8,46%	310,00	55986,00	44788,80	44,79	1,22	54,64	0,44
20 - 2k	sekunder	1,58%	58	10474,8	8379,84	8,38	1,22	10,22	0,06
2k-2l	primer	11,65%	427,00	77116,20	61692,96	61,69	1,22	75,27	0,55
29- 2l	sekunder	1,69%	62	11197,2	8957,76	8,96	1,22	10,93	0,06
2l - 2m	primer	14,96%	548,00	98968,80	79175,04	79,18	1,22	96,59	0,67
30 - 2m	sekunder	1,64%	60	10836	8668,8	8,67	1,22	10,58	0,06
2m - 2n	primer	98,55%	3611,00	652146,60	521717,28	521,72	1,22	636,50	7,76
36 - 2n	sekunder	1,45%	53,00	9571,8	7657,44	7,66	1,22	9,34	0,05
2n - IPAL	primer	100,00%	3664,0	661718,4	529374,7	529,37	1,22	645,84	7,80

Sumber: Haisl Perhitungan

Tabel 3 Perhitungan Pembebanan Cluster 3

Jalur	Jenis	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
Pelayanan 1									
18 - 3k	sekunder	50	200	36120	28896	28,896	1,640	47,37799694	0,83773
181 - 3l	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,27229
3k - 3l	primer	55	220	39732	31785,6	31,7856	1,640	52,11579664	0,84302
3l - IPAL 1	primer	85	340	61404	49123,2	49,1232	1,640	80,54259481	1,11531
Pelayanan 2									
17 - 3j	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,27229

Jalur	Jenis	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
16 - 3i	sekunder	28	112	20227,2	16181,76	16,18176	1,640	26,53167829	0,23395
3i - 3j	primer	33	132	23839,2	19071,36	19,07136	1,640	31,26947798	0,23923
3j - IPAL 2	primer	61	244	44066,4	35253,12	35,25312	1,640	57,80115627	0,47318
pelayanan 3									
14 - 3g	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,27229
15 - 3h	sekunder	32	128	23116,8	18493,44	18,49344	1,640	30,32191804	0,31383
3g - 3h	primer	39	156	28173,6	22538,88	22,53888	3,279207983	36,95483762	0,32491
3h - IPAL 3	primer	71	284	51290,4	41032,32	41,03232	4,918811975	67,27675566	0,63875
pelayanan 4									
13 - 3f	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,27229
12 - 3f	sekunder	32	128	23116,8	18493,44	18,49344	1,640	30,32191804	0,31383
3e - 3f	primer	39	156	28173,6	22538,88	22,53888	3,279207983	36,95483762	0,32491
3f - IPAL 4	primer	71	284	51290,4	41032,32	41,03232	4,918811975	67,27675566	0,63875
pelayanan 5									
9 - 3d	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,27229
6 - 3c	sekunder	32	128	23116,8	18493,44	18,49344	1,640	30,32191804	0,31383
3c - 3d	primer	39	156	28173,6	22538,88	22,53888	1,640	36,95483762	0,32491
3d - IPAL 5	primer	71	284	51290,4	41032,32	41,03232	1,640	67,27675566	0,63875
pelayanan 6									
3 - 3b	sekunder	20	80	14448	11558,4	11,5584	1,640	18,95119878	0,11159
3a - 3b	primer	18	72	13003,2	10402,56	10,40256	1,640	17,0560789	0,08851
1 - 4	sekunder	20	80	14448	11558,4	11,5584	1,640	18,95119878	0,11159
2 - 5	sekunder	15	60	10836	8668,8	8,6688	1,640	14,21339908	0,05926
6 - 5	sekunder	7	28	5056,8	4045,44	4,04544	1,640	6,632919572	0,01108
5 - 4	sekunder	22	88	15892,8	12714,24	12,71424	1,640	20,84631866	0,13763
4 - 3c	sekunder	58	232	41899,2	33519,36	33,51936	1,640	54,95847646	0,31752
3b - 3c	primer	43	172	31063,2	24850,56	24,85056	1,640	40,74507737	0,20538
3c - IPAL 6	primer	131	524	94634,4	75707,52	75,70752	1,640	124,130352	0,79520
pelayanan 7									
13 - 3f	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,27229
12 - 3f	sekunder	32	128	23116,8	18493,44	18,49344	1,640	30,32191804	0,31383
3e - 3f	primer	39	156	28173,6	22538,88	22,53888	1,640	36,95483762	0,32491

Jalur	Jenis	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
3f - IPAL 7	primer	71	284	51290,4	41032,32	41,03232	1,640	67,27675566	0,63875
pelayanan 8									
38 - 39	sekunder	20	80	14448	11558,4	11,5584	1,640	18,95119878	0,11159
39 - 37	sekunder	50	200	36120	28896	28,896	1,640	47,37799694	0,38389
36 - 37	sekunder	20	80	14448	11558,4	11,5584	1,640	18,95119878	0,11159
37 - 3o	sekunder	94	376	67905,6	54324,48	54,32448	1,640	89,07063426	0,66214
35 - 3p	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	130,7632716	0,27229
3p - 3o	primer	40	320	57792	46233,6	46,2336	1,640	178,1412685	0,65618
3o - IPAL 8	primer	149	896	161817,6	129454,08	129,45408	1,640	416,9263731	1,70220
pelayanan 9									
34 - 3q	sekunder	45	180	32508	26006,4	26,0064	1,640	42,64019725	0,66441
33 - 3r	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,27229
3r - 3q	primer	50	200	36120	28896	28,896	1,640	47,37799694	0,38389
3q - IPAL9	primer	100	320	57792	46233,6	46,2336	1,640	75,80479511	0,65618
pelayanan 10									
32 - 3s	sekunder	40	160	28896	23116,8	23,1168	1,640	37,90239756	0,51275
31 - 3t	sekunder	35	140	25284	20227,2	20,2272	1,640	33,16459786	0,38223
3t - 3s	sekunder	50	200	36120	28896	28,896	1,640	47,37799694	0,44149
3s - IPAL 10	primer	100	340	61404	49123,2	49,1232	1,640	80,54259481	0,82371
pelayanan 11									
3w - 3v	primer	32	128	23116,8	18493,44	18,49344	1,640	30,32191804	0,31383
30 - 3u	sekunder	27	108	19504,8	15603,84	15,60384	1,640	25,58411835	0,21596
29 - 3v	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,27229
3V - 3u	primer	77	308	55624,8	44499,84	44,49984	1,640	72,96211529	0,64539
3u - IPAL 11	primer	114	596	107637,6	86110,08	86,11008	1,640	141,1864309	1,19290
pelayanan 12									
99 - 77	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,27229
76 - 77	sekunder	32	128	23116,8	18493,44	18,49344	1,640	30,32191804	0,31383
77 - 3x	primer	39	156	28173,6	22538,88	22,53888	1,640	36,95483762	0,32491
95 - 3y	sekunder	43	184	33230,4	26584,32	26,58432	1,640	43,58775719	0,33600
3y- 3x	primer	68	340	61404	49123,2	49,1232	1,640	80,54259481	0,66091
3x - IPAL 12	primer	107	524	94634,4	75707,52	75,70752	1,640	124,130352	0,99691

Jalur	Jenis	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
pelayanan 13									
72 - 75	sekunder	35	140	25284	20227,2	20,2272	1,640	33,16459786	0,38223
75 - 3aa	sekunder	35	140	25284	20227,2	20,2272	1,640	33,16459786	0,38223
68 - 3ab	sekunder	42	168	30340,8	24272,64	24,27264	3,279207983	39,79751743	0,39331
3ab - 3aa	primer	77	308	55624,8	44499,84	44,49984	4,918811975	72,96211529	0,77553
3aa - IPAL 13	primer								
pelayanan 14									
67 - 3ac	sekunder	40	160	28896	23116,8	23,1168	1,640	37,90239756	0,51275
66 - 3ad	sekunder	36	144	26006,4	20805,12	20,80512	1,640	34,1121578	0,40666
3ad - 3ac	primer	43	172	31063,2	24850,56	24,85056	3,279207983	40,74507737	0,41774
3ac - IPAL 14	primer	83	316	57069,6	45655,68	45,65568	4,918811975	74,85723517	0,82441
pelayanan 15									
65 - 3ae	sekunder	38	152	27451,2	21960,96	21,96096	1,640	36,00727768	0,45803
64 - 3af	sekunder	42	168	30340,8	24272,64	24,27264	1,640	39,79751743	0,57084
3af - 3ae	primer	49	196	35397,6	28318,08	28,31808	3,279207983	46,43043701	0,58193
3ae - IPAL 15	primer	91	364	65738,4	52590,72	52,59072	4,918811975	86,22795444	1,15277
pelayanan 16									
62 - 3ag	sekunder	30	120	21672	17337,6	17,3376	1,640	28,42679817	0,272292996
57 - 3ah	sekunder	36	144	26006,4	20805,12	20,80512	1,640	34,1121578	0,406663516
3ah - 3 ag	primer	16	64	11558,4	9246,72	9,24672	1,640	15,16095902	0,068302039
3ag - IPAL 16	primer	52	208	37564,8	30051,84	30,05184	3,279207983	49,27311682	0,474965555
pelayanan 17									
56 - 3ai	sekunder	40	160	28896	23116,8	23,1168	1,640	37,90239756	0,512745303
3aj - 3ai	sekunder	35	140	25284	20227,2	20,2272	1,640	33,16459786	0,38222528
3ai - IPAL 17	primer	77	308	55624,8	44499,84	44,49984	1,640	72,96211529	2,165954379
pelayanan 18									
96 - IPAL 18	primer	120	480	86688	69350,4	69,3504	1,640	113,7071927	5,74868419
pelayanan 19									
94 - 3ak	sekunder	40	160	28896	23116,8	23,1168	1,640	37,90239756	0,512745303
93 - 3al	sekunder	40	160	28896	23116,8	23,1168	1,640	37,90239756	0,512745303
3al - 3ak	primer	55	220	39732	31785,6	31,7856	1,640	52,11579664	1,033160102

Jalur	Jenis	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
3ak -IPAL 19	primer	101	404	72962,4	58369,92	58,36992	1,640	95,70355383	3,934383879
pelayanan 20									
92 - 3am	sekunder	35	140	25284	20227,2	20,2272	1,640	33,16459786	0,38222528
91- 3an	sekunder	38	152	27451,2	21960,96	21,96096	1,640	36,00727768	0,458029681
3an - 3am	primer	59	236	42621,6	34097,28	34,09728	1,640	55,90603639	1,205713532
3am -IPAL 20	primer	100	400	72240	57792	57,792	1,640	94,75599389	3,849193197
pelayanan 21									
92 - 3am	sekunder	35	140	25284	20227,2	20,2272	1,640	33,16459786	0,38222528
91- 3an	sekunder	38	152	27451,2	21960,96	21,96096	1,640	36,00727768	0,458029681
3an - 3am	primer	59	236	42621,6	34097,28	34,09728	1,640	55,90603639	1,205713532
3am -IPAL 21	primer	100	400	72240	57792	57,792	1,640	94,75599389	3,849193197
pelayanan 22									
90 - 84	primer	35	140	25284	20227,2	20,2272	1,640	33,16459786	0,38222528
84 - IPAL 22	primer	70	280	50568	40454,4	40,4544	1,640	66,32919572	1,7562462
pelayanan 23									
81 -61	sekunder	37	148	26728,8	21383,04	21,38304	1,640	35,05971774	0,431930132
80 - 60	sekunder	40	160	28896	23116,8	23,1168	1,640	37,90239756	0,512745303
60 - 61	primer	70	280	50568	40454,4	40,4544	1,640	66,32919572	1,7562462
61 - IPAL 23	primer	113	452	81631,2	65304,96	65,30496	1,640	107,0742731	5,036655946
pelayanan 24									
79 -59	sekunder	37	148	26728,8	21383,04	21,38304	1,640	35,05971774	0,431930132
78 - 58	sekunder	40	160	28896	23116,8	23,1168	1,640	37,90239756	0,512745303
58- 59	primer	70	280	50568	40454,4	40,4544	1,640	66,32919572	1,7562462
59 - IPAL 24	primer	113	452	81631,2	65304,96	65,30496	1,640	107,0742731	5,036655946
pelayanan 25									
101 - 102	sekunder	10	40	7224	5779,2	5,7792	1,640	9,475599389	0,024286767
102 - 104	primer	25	100	18060	14448	14,448	1,640	23,68899847	0,182321434
103 - 104	sekunder	20	80	14448	11558,4	11,5584	1,640	18,95119878	0,111592678
104 - 106	primer	60	240	43344	34675,2	34,6752	1,640	56,85359633	1,251130065
105 - 106	sekunder	35	140	25284	20227,2	20,2272	1,640	33,16459786	0,38222528
106 - 108	primer	100	400	72240	57792	57,792	1,640	94,75599389	3,849193197
107 - 108	sekunder	10	40	7224	5779,2	5,7792	1,640	9,475599389	0,024286767

Jalur	Jenis	Jumlah KK	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	fp	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
108 - 110	primer	113	452	81631,2	65304,96	65,30496	1,640	107,0742731	5,036655946
109 - 110	sekunder	15	60	10836	8668,8	8,6688	1,640	14,21339908	0,059261205
110 - IPAL 25	primer	148	592	106915,2	85532,16	85,53216	1,640	140,238871	9,118963627

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4 Perhitungan Pembebanan Cluster 4

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
4a - 4b	primer	0,54%	84,00	15170,40	12136,32	12,14	1,11	13,45	0,12
8 - 2	tersier	0,61%	96,00	17337,60	13870,08	13,87	1,11	15,37	0,17
1 - 2	sekunder	0,46%	72,00	13003,20	10402,56	10,40	1,11	11,53	0,09
2- 3	sekunder	1,33%	208,00	37564,80	30051,84	30,05	1,11	33,31	0,28
9 - 3	tersier	0,54%	84,00	15170,40	12136,32	12,14	1,11	13,45	0,12
3 - 4	sekunder	2,04%	320,00	57792,00	46233,60	46,23	1,11	51,24	0,41
10 - 4	tersier	0,61%	96,00	17337,60	13870,08	13,87	1,11	15,37	0,17
4 - 5	sekunder	2,88%	452,00	81631,20	65304,96	65,30	1,11	72,38	0,60
11 - 5	tersier	0,56%	88,00	15892,80	12714,24	12,71	1,11	14,09	0,14
5 - 6	sekunder	3,69%	580,00	104748,00	83798,40	83,80	1,11	92,87	0,76
12 - 6	tersier	0,64%	100,00	18060,00	14448,00	14,45	1,11	16,01	0,18
6 - 7	sekunder	4,59%	720,00	130032,00	104025,60	104,03	1,11	115,29	0,97
13 - 7	sekunder	0,41%	64,00	11558,40	9246,72	9,25	1,11	10,25	0,07
7 - 25	sekunder	5,61%	880,00	158928,00	127142,40	127,14	1,11	140,91	1,20
19 - 20	sekunder	0,50%	78,00	14086,80	11269,44	11,27	1,11	12,49	0,11
14 - 20	tersier	0,64%	100,00	18060,00	14448,00	14,45	1,11	16,01	0,18
20 - 21	sekunder	1,44%	226,00	40815,60	32652,48	32,65	1,11	36,19	0,32
15 - 21	tersier	0,61%	96,00	17337,60	13870,08	13,87	1,11	15,37	0,17
21 - 22	sekunder	2,41%	378,00	68266,80	54613,44	54,61	1,11	60,53	0,54

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
16 - 22	tersier	0,54%	84,00	15170,40	12136,32	12,14	1,11	13,45	0,12
22 - 23	sekunder	3,20%	502,00	90661,20	72528,96	72,53	1,11	80,38	0,69
17 - 23	tersier	0,59%	92,00	16615,20	13292,16	13,29	1,11	14,73	0,15
23 - 24	sekunder	4,04%	634,00	114500,40	91600,32	91,60	1,11	101,52	0,87
18 - 24	tersier	0,71%	112,00	20227,20	16181,76	16,18	1,11	17,93	0,23
24 - 25	sekunder	5,06%	794,00	143396,40	114717,12	114,72	1,11	127,14	1,14
25 - 4b	sekunder	10,97%	1722,00	310993,20	248794,56	248,79	1,11	275,74	2,38
4b - 4c	primer	12,12%	1902,00	343501,20	274800,96	274,80	1,11	304,56	2,67
31- 32	sekunder	0,56%	88,00	15892,80	12714,24	12,71	1,11	14,09	0,14
26 - 32	tersier	0,64%	100,00	18060,00	14448,00	14,45	1,11	16,01	0,18
32 -33	sekunder	1,76%	277,00	50026,20	40020,96	40,02	1,11	44,35	0,46
27 - 33	tersier	0,59%	92,00	16615,20	13292,16	13,29	1,11	14,73	0,15
33 - 34	sekunder	2,82%	443,00	80005,80	64004,64	64,00	1,11	70,94	0,71
28 - 34	tersier	0,43%	68,00	12280,80	9824,64	9,82	1,11	10,89	0,08
34 - 35	sekunder	3,88%	609,00	109985,40	87988,32	87,99	1,11	97,52	0,96
29 - 35	tersier	0,56%	88,00	15892,80	12714,24	12,71	1,11	14,09	0,14
35 - 36	sekunder	5,03%	789,00	142493,40	113994,72	113,99	1,11	126,34	1,25
30 - 36	sekunder	0,57%	90,00	16254,00	13003,20	13,00	1,11	14,41	0,14
36 - 55	sekunder	6,25%	981,00	177168,60	141734,88	141,73	1,11	157,08	1,58
47 - 48	sekunder	0,51%	80,00	14448,00	11558,40	11,56	1,11	12,81	0,11
56 - 48	tersier	0,61%	96,00	17337,60	13870,08	13,87	1,11	15,37	0,17
48 - 49	sekunder	1,27%	200,00	36120,00	28896,00	28,90	1,11	32,03	0,29
37 - 49	tersier	0,51%	80,00	14448,00	11558,40	11,56	1,11	12,81	0,11
49 - 50	sekunder	2,09%	328,00	59236,80	47389,44	47,39	1,11	52,52	0,43
57 - 50	tersier	0,64%	100,00	18060,00	14448,00	14,45	1,11	16,01	0,18
50 - 51	sekunder	2,83%	444,00	80186,40	64149,12	64,15	1,11	71,10	0,62
42 - 43	tersier	0,48%	76,00	13725,60	10980,48	10,98	1,11	12,17	0,10

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
38 - 43	tersier	0,33%	52,00	9391,20	7512,96	7,51	1,11	8,33	0,04
43 - 44	tersier	1,22%	192,00	34675,20	27740,16	27,74	1,11	30,74	0,21
39 - 44	tersier	0,36%	56,00	10113,60	8090,88	8,09	1,11	8,97	0,05
44 - 45	tersier	1,96%	308,00	55624,80	44499,84	44,50	1,11	49,32	0,32
40 - 45	tersier	0,54%	84,00	15170,40	12136,32	12,14	1,11	13,45	0,12
45 - 52	tersier	2,75%	432,00	78019,20	62415,36	62,42	1,11	69,17	0,47
46 - 51	tersier	0,48%	76,00	13725,60	10980,48	10,98	1,11	12,17	0,10
51 - 52	sekunder	3,94%	618,00	111610,80	89288,64	89,29	1,11	98,96	0,89
52 - 53	sekunder	6,82%	1071,00	193422,60	154738,08	154,74	1,11	171,49	1,37
58a - 59	tersier	0,31%	48,00	8668,80	6935,04	6,94	1,11	7,69	0,04
58 - 59	tersier	0,56%	88,00	15892,80	12714,24	12,71	1,11	14,09	0,14
59 - 61	tersier	1,53%	240,00	43344,00	34675,20	34,68	1,11	38,43	0,37
60 - 61	tersier	0,71%	112,00	20227,20	16181,76	16,18	1,11	17,93	0,23
61 - 62	tersier	3,01%	472,00	85243,20	68194,56	68,19	1,11	75,58	0,88
63 - 62	tersier	0,69%	108,00	19504,80	15603,84	15,60	1,11	17,29	0,22
62 - 53	tersier	4,20%	660,00	119196,00	95356,80	95,36	1,11	105,68	1,21
53 - 54	sekunder	11,37%	1785,00	322371,00	257896,80	257,90	1,11	285,82	2,62
66 - 54	tersier	0,56%	88,00	15892,80	12714,24	12,71	1,11	14,09	0,14
41 - 54	tersier	0,23%	36,00	6501,60	5201,28	5,20	1,11	5,76	0,02
54 - 55	sekunder	12,58%	1974,00	356504,40	285203,52	285,20	1,11	316,09	2,85
64 -65	tersier	0,71%	112,00	20227,20	16181,76	16,18	1,11	17,93	0,23
65 - 55	tersier	1,27%	200,00	36120,00	28896,00	28,90	1,11	32,03	0,37
55 - 4c	sekunder	20,58%	3231,00	583518,60	466814,88	466,81	1,11	517,36	4,91
55a - 4c	sekunder	0,79%	124	22394,4	17915,52	17,91552	1,11	19,86	0,29
4c - 4d	primer	33,49%	5257,00	949414,20	759531,36	759,53	1,11	841,78	7,87
4d - 4e	primer	34,32%	5387,00	972892,20	778313,76	778,31	1,11	862,59	8,19
4e - 4f	primer	34,85%	5471,00	988062,60	790450,08	790,45	1,11	876,04	8,31

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
74 - 4f	sekunder	0,55%	86	15531,6	12425,28	12,42528	1,11	13,77	0,13
4f - 4g	primer	35,73%	5609,00	1012985,40	810388,32	810,39	1,11	898,14	8,49
75 - 4g	sekunder	0,61%	96,00	17337,60	13870,08	13,87	1,11	15,37	0,17
4g - 4h	primer	36,83%	5781,00	1044048,60	835238,88	835,24	1,11	925,68	8,76
76 - 4h	sekunder	0,56%	88	15892,8	12714,24	12,71424	1,11	14,09	0,14
4h - 4i	primer	37,75%	5925,00	1070055,00	856044,00	856,04	1,11	948,74	8,94
78 - 78a	tersier	0,56%	88	15892,8	12714,24	12,71424	1,11	14,09	0,14
73 - 78a	sekunder	0,43%	68,00	12280,80	9824,64	9,82	1,11	10,89	0,08
78a - 79a	sekunder	1,43%	224,00	40454,40	32363,52	32,36	1,11	35,87	0,29
79 - 79a	tersier	0,61%	96,00	17337,60	13870,08	13,87	1,11	15,37	0,17
79a - 80a	sekunder	2,41%	378,00	68266,80	54613,44	54,61	1,11	60,53	0,52
80 - 80a	tersier	0,33%	52,00	9391,20	7512,96	7,51	1,11	8,33	0,04
80a - 77a	sekunder	3,05%	478,00	86326,80	69061,44	69,06	1,11	76,54	0,59
77 - 77a	tersier	0,54%	84,00	15170,40	12136,32	12,14	1,11	13,45	0,12
77a - 4i	sekunder	4,09%	642,00	115945,20	92756,16	92,76	1,11	102,80	0,83
4i - 4j	primer	42,17%	6619,00	1195391,40	956313,12	956,31	1,11	1059,87	9,82
81 - 85	sekunder	0,29%	46,00	8307,60	6646,08	6,65	1,11	7,37	0,03
84 - 85	sekunder	0,42%	66,00	11919,60	9535,68	9,54	1,11	10,57	0,07
85 - 83	sekunder	1,41%	222,00	40093,20	32074,56	32,07	3,32	35,55	0,33
82 - 83	sekunder	0,51%	80,00	14448,00	11558,40	11,56	1,11	12,81	0,11
83 - 4j	sekunder	2,33%	366,00	66099,60	52879,68	52,88	1,11	58,61	0,51
4j - 4k	primer	44,87%	7043,00	1271965,80	1017572,64	1017,57	1,11	1127,76	10,38
86 - 90	sekunder	0,43%	67,00	12100,20	9680,16	9,68	1,11	10,73	0,08
89 - 90	sekunder	0,57%	89,00	16073,40	12858,72	12,86	1,11	14,25	0,14
90- 88	sekunder	1,48%	232,00	41899,20	33519,36	33,52	1,11	37,15	0,32
87 - 88	sekunder	0,27%	43,00	7765,80	6212,64	6,21	1,11	6,89	0,03
88 - 4k	sekunder	2,41%	379,00	68447,40	54757,92	54,76	1,11	60,69	0,54

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
4k - 4l	primer	47,65%	7480,00	1350888,00	1080710,40	1080,71	1,11	1197,74	10,98
92 - 93	sekunder	0,18%	28,00	5056,80	4045,44	4,05	1,11	4,48	0,01
91 - 93	sekunder	0,51%	80,00	14448,00	11558,40	11,56	1,11	12,81	0,11
93 - 4l	sekunder	1,27%	200,00	36120,00	28896,00	28,90	1,11	32,03	0,27
4l - 4m	primer	49,23%	7728,00	1395676,80	1116541,44	1116,54	1,11	1237,45	11,29
94 - 96	sekunder	0,50%	78,00	14086,80	11269,44	11,27	1,11	12,49	0,11
95 - 96	sekunder	0,46%	72,00	13003,20	10402,56	10,40	1,11	11,53	0,09
96 - 4m	sekunder	1,47%	230,00	41538,00	33230,40	33,23	1,11	36,83	0,31
4m - 4v	primer	51,16%	8030,00	1450218,00	1160174,40	1160,17	1,11	1285,80	11,69
4n - 4o	primer	0,51%	80,00	14448,00	11558,40	11,56	1,11	12,81	0,11
162 - 163	sekunder	0,41%	64,00	11558,40	9246,72	9,25	1,11	10,25	0,07
164 - 163	sekunder	0,41%	64,00	11558,40	9246,72	9,25	1,11	10,25	0,07
163 - 4o	sekunder	1,44%	226,00	40815,60	32652,48	32,65	1,11	36,19	0,31
152 - 153	sekunder	0,41%	64,00	11558,40	9246,72	9,25	1,11	10,25	0,07
158 - 153	tersier	0,46%	72,00	13003,20	10402,56	10,40	1,11	11,53	0,09
153 - 154	sekunder	1,15%	180,00	32508,00	26006,40	26,01	1,11	28,82	0,19
159 - 154	tersier	0,43%	68,00	12280,80	9824,64	9,82	1,11	10,89	0,08
154 - 155	sekunder	1,99%	312,00	56347,20	45077,76	45,08	1,11	49,96	0,33
160 - 155	tersier	0,43%	68,00	12280,80	9824,64	9,82	1,11	10,89	0,08
155 - 156	sekunder	2,83%	444,00	80186,40	64149,12	64,15	1,11	71,10	0,48
161 - 156	tersier	0,46%	72,00	13003,20	10402,56	10,40	1,11	11,53	0,09
156 - 4o	sekunder	3,82%	600,00	108360,00	86688,00	86,69	1,11	96,08	0,69
4o -4p	primer	6,26%	982,00	177349,20	141879,36	141,88	1,11	157,24	1,21
142 - 4p	sekunder	0,51%	80,00	14448,00	11558,40	11,56	1,11	12,81	0,11
146 - 4p	tersier	0,38%	60,00	10836,00	8668,80	8,67	1,11	9,61	0,06
4p - 4q	primer	7,71%	1210,00	218526,00	174820,80	174,82	1,11	193,75	1,52
123 - 124	sekunder	0,27%	42,00	7585,20	6068,16	6,07	1,11	6,73	0,03

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
133 - 124	tersier	0,56%	88,00	15892,80	12714,24	12,71	1,11	14,09	0,14
124 - 125	sekunder	1,13%	178,00	32146,80	25717,44	25,72	1,11	28,50	0,20
134 - 125	tersier	0,59%	92,00	16615,20	13292,16	13,29	1,11	14,73	0,15
125 - 126	sekunder	2,00%	314,00	56708,40	45366,72	45,37	1,11	50,28	0,38
135 - 126	tersier	0,56%	88,00	15892,80	12714,24	12,71	1,11	14,09	0,14
126 - 127	sekunder	2,87%	450,00	81270,00	65016,00	65,02	1,11	72,06	0,56
136 - 127	tersier	0,59%	92,00	16615,20	13292,16	13,29	1,11	14,73	0,15
127 - 128	sekunder	3,73%	586,00	105831,60	84665,28	84,67	1,11	93,83	0,74
137 - 128	tersier	0,50%	78,00	14086,80	11269,44	11,27	1,11	12,49	0,11
128 - 129	sekunder	4,56%	716,00	129309,60	103447,68	103,45	1,11	114,65	0,89
138 - 129	tersier	0,33%	52,00	9391,20	7512,96	7,51	1,11	8,33	0,04
129 - 130	sekunder	5,48%	860,00	155316,00	124252,80	124,25	1,11	137,71	1,08
139 - 140	tersier	0,31%	48,00	8668,80	6935,04	6,94	1,11	7,69	0,04
141 - 140	tersier	0,31%	48,00	8668,80	6935,04	6,94	1,11	7,69	0,04
140 - 130	tersier	0,89%	140,00	25284,00	20227,20	20,23	1,11	22,42	0,10
130 -4q	sekunder	6,74%	1058,00	191074,80	152859,84	152,86	1,11	169,41	1,24
165-132a	sekunder	0,28%	44,00	7946,40	6357,12	6,36	1,11	7,05	0,03
151 - 132a	tersier	0,56%	88,00	15892,80	12714,24	12,71	1,11	14,09	0,14
132a - 131a	sekunder	1,20%	188,00	33952,80	27162,24	27,16	1,11	30,10	0,22
150 - 131a	tersier	0,64%	100,00	18060,00	14448,00	14,45	1,11	16,01	0,18
131a - 130a	sekunder	2,17%	340,00	61404,00	49123,20	49,12	1,11	54,44	0,44
148 - 147	tersier	0,48%	76,00	13725,60	10980,48	10,98	1,11	12,17	0,10
145 - 147	tersier	0,54%	84,00	15170,40	12136,32	12,14	1,11	13,45	0,12
147 - 130a	tersier	1,43%	224,00	40454,40	32363,52	32,36	1,11	35,87	0,29
130a - 129a	sekunder	4,10%	644,00	116306,40	93045,12	93,05	1,11	103,12	0,85
127a - 129a	tersier	0,46%	72,00	13003,20	10402,56	10,40	1,11	11,53	0,09
129a - 4q	sekunder	5,15%	808,00	145924,80	116739,84	116,74	1,11	129,38	1,09

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
4q - 4r	primer	20,11%	3156,00	569973,60	455978,88	455,98	1,11	505,35	3,96
108 - 108a	sekunder	0,71%	112,00	20227,20	16181,76	16,18	1,11	17,93	0,23
108a - 109a	sekunder	0,97%	152,00	27451,20	21960,96	21,96	1,11	24,34	0,26
109 - 109a	sekunder	0,69%	108,00	19504,80	15603,84	15,60	1,11	17,29	0,22
109a - 110a	sekunder	2,01%	316,00	57069,60	45655,68	45,66	1,11	50,60	0,53
110 - 110a	sekunder	0,55%	86,00	15531,60	12425,28	12,43	1,11	13,77	0,13
110a - 111a	sekunder	2,82%	442,00	79825,20	63860,16	63,86	1,11	70,78	0,68
111 - 111a	sekunder	0,74%	116,00	20949,60	16759,68	16,76	1,11	18,57	0,25
111a - 112a	sekunder	3,84%	602,00	108721,20	86976,96	86,98	1,11	96,40	0,96
112 - 112a	sekunder	0,62%	98,00	17698,80	14159,04	14,16	1,11	15,69	0,17
112a - 113a	sekunder	4,87%	764,00	137978,40	110382,72	110,38	1,11	122,34	1,21
113 - 113a	sekunder	0,62%	98,00	17698,80	14159,04	14,16	1,11	15,69	0,17
113a - 114a	sekunder	5,80%	910,00	164346,00	131476,80	131,48	1,11	145,71	1,42
114 - 114a	sekunder	0,66%	104,00	18782,40	15025,92	15,03	1,11	16,65	0,20
114a - 115a	sekunder	6,74%	1058,00	191074,80	152859,84	152,86	1,11	169,41	1,64
115 - 115a	sekunder	0,64%	100,00	18060,00	14448,00	14,45	1,11	16,01	0,18
115a - 4r	sekunder	7,63%	1198,00	216358,80	173087,04	173,09	1,11	191,83	1,85
122 - 122a	sekunder	0,43%	68,00	12280,80	9824,64	9,82	1,11	10,89	0,08
122a - 121a	sekunder	1,08%	170,00	30702,00	24561,60	24,56	1,11	27,22	0,27
121 - 121a	sekunder	0,28%	44,00	7946,40	6357,12	6,36	1,11	7,05	0,03
121a - 120a	sekunder	1,62%	254,00	45872,40	36697,92	36,70	1,11	40,67	0,32
120 - 120a	sekunder	0,48%	76,00	13725,60	10980,48	10,98	1,11	12,17	0,10
120a - 119a	sekunder	2,33%	366,00	66099,60	52879,68	52,88	1,11	58,61	0,44
119 - 119a	sekunder	0,51%	80,00	14448,00	11558,40	11,56	1,11	12,81	0,11
119a - 118a	sekunder	3,05%	478,00	86326,80	69061,44	69,06	1,11	76,54	0,57
118 - 118a	sekunder	0,54%	84,00	15170,40	12136,32	12,14	1,11	13,45	0,12
118a - 117a	sekunder	3,76%	590,00	106554,00	85243,20	85,24	1,11	94,47	0,70

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
117 - 117a	sekunder	0,51%	80,00	14448,00	11558,40	11,56	1,11	12,81	0,11
117a - 4r	sekunder	4,47%	702,00	126781,20	101424,96	101,42	1,11	112,41	0,83
4r - 4s	primer	32,21%	5056,00	913113,60	730490,88	730,49	1,11	809,59	6,64
104a - 103a	sekunder	0,23%	36,00	6501,60	5201,28	5,20	1,11	5,76	0,02
104 - 101	sekunder	0,33%	52,00	9391,20	7512,96	7,51	1,11	8,33	0,04
103 - 101	sekunder	0,43%	68,00	12280,80	9824,64	9,82	1,11	10,89	0,08
101 - 103a	sekunder	1,22%	192,00	34675,20	27740,16	27,74	3,32	30,74	0,21
103a - 107a	sekunder	1,63%	256,00	46233,60	36986,88	36,99	5,54	40,99	0,24
107 - 107a	sekunder	0,41%	64,00	11558,40	9246,72	9,25	1,11	10,25	0,07
107a - 106a	sekunder	2,27%	356,00	64293,60	51434,88	51,43	7,76	57,00	0,33
106 - 106a	sekunder	0,38%	60,00	10836,00	8668,80	8,67	1,11	9,61	0,06
106a - 105a	sekunder	2,88%	452,00	81631,20	65304,96	65,30	9,97	72,38	0,41
105 - 105a	sekunder	0,43%	68,00	12280,80	9824,64	9,82	1,11	10,89	0,08
105a - 4s	sekunder	3,49%	548,00	98968,80	79175,04	79,18	12,19	87,75	0,50
69 - 4s	sekunder	2,04%	320,00	57792,00	46233,60	46,23	1,11	51,24	2,36
4s - 4t	primer	38,27%	6008,00	1085044,80	868035,84	868,04	1,11	962,03	9,62
97 - 4t	sekunder	0,41%	64,00	11558,40	9246,72	9,25	1,11	10,25	0,07
102 - 4t	sekunder	0,75%	118,00	21310,80	17048,64	17,05	1,11	18,89	0,26
4t - 4u	primer	39,82%	6250,00	1128750,00	903000,00	903,00	1,11	1000,78	10,01
100 - 4u	sekunder	0,71%	112,00	20227,20	16181,76	16,18	1,11	17,93	0,23
4u- 4v	primer	40,91%	6422,00	1159813,20	927850,56	927,85	1,11	1028,32	10,30
4v - 4w	primer	92,07%	14452,00	2610031,20	2088024,96	2088,02	1,11	2314,13	21,99
4w - IPA	primer	100,00%	15697,00	2610031,20	2088024,96	2088,02	1,11	2314,13	21,99

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5 Perhitungan Pembebanan Cluster 5

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
1 - 3	sekunder	2%	114,00	20588,40	16470,72	16,47	1,18	19,46	0,2432
2 - 3	sekunder	1%	54,00	9752,40	7801,92	7,80	1,18	9,22	0,0470
3 - 5a	sekunder	5%	266,00	48039,60	38431,68	38,43	1,18	45,42	0,4646
5a - 5b	primer	6%	330,00	59598,00	47678,40	47,68	1,18	56,34	0,5329
4 - 6	sekunder	2%	108,00	19504,80	15603,84	15,60	1,18	18,44	0,2160
5 - 6	sekunder	1%	38,00	6862,80	5490,24	5,49	1,18	6,49	0,0217
6 - 5b	sekunder	4%	224,00	40454,40	32363,52	32,36	1,18	38,25	0,3432
5b - 5c	primer	12%	616,00	111249,60	88999,68	89,00	1,18	105,18	0,9398
7 - 9	sekunder	2%	88,00	15892,80	12714,24	12,71	1,18	15,03	0,1376
8 - 9	sekunder	1%	56,00	10113,60	8090,88	8,09	1,18	9,56	0,0509
9 - 5c	sekunder	5%	256,00	46233,60	36986,88	36,99	1,18	43,71	0,4225
5c - 5d	primer	18%	940,00	169764,00	135811,20	135,81	1,18	160,50	1,4404
10 - 12	sekunder	2%	118,00	21310,8	17048,64	17,04864	1,18	20,15	0,2624
11 - 12	sekunder	1%	68,00	12280,8	9824,64	9,82464	1,18	11,61	0,0780
12 - 5d	sekunder	6%	294,00	53096,40	42477,12	42,48	1,18	50,20	0,5564
5d - 5e	primer	25%	1312,00	236947,20	189557,76	189,56	1,18	224,01	2,1023
13 - 15	sekunder	2%	84,00	15170,4	12136,32	12,13632	1,18	14,34	0,1242
14 - 15	sekunder	1%	48,00	8668,8	6935,04	6,93504	1,18	8,20	0,0363
15 - 5e	sekunder	4%	224,00	40454,40	32363,52	32,36	1,18	38,25	0,3123
5e - 5f	primer	30%	1616,00	291849,60	233479,68	233,48	1,18	275,92	2,5262
16 - 5f	sekunder	3%	136,00	24561,6	19649,28	19,64928	1,18	23,22	0,3586
17 - 18	sekunder	4%	212,00	38287,2	30629,76	30,62976	1,18	36,20	0,9523
18 - 5f	sekunder	6%	310,00	55986,00	44788,80	44,79	1,18	52,93	1,1267
5f - 5g	primer	41%	2164,00	390818,40	312654,72	312,65	1,18	369,49	4,2019
5g - 5h	primer	42%	2252,00	406711,20	325368,96	325,37	1,18	384,51	4,3396
24 - 26	sekunder	2%	90,00	16254	13003,2	13,0032	1,18	15,37	0,1446

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
25 - 26	sekunder	1%	56,00	10113,6	8090,88	8,09088	1,18	9,56	0,0509
26 - 5h	sekunder	5%	256,00	46233,60	36986,88	36,99	1,18	43,71	0,4204
5h - 5i	primer	48%	2566,00	463419,60	370735,68	370,74	1,18	438,12	4,8149
27 - 29	sekunder	2%	98,00	17698,8	14159,04	14,15904	1,18	16,73	0,1744
28 - 29	sekunder	1%	56,00	10113,6	8090,88	8,09088	1,18	9,56	0,0509
29 - 5i	sekunder	5%	268,00	48400,80	38720,64	38,72	1,18	45,76	0,4685
5i - 5j	primer	54%	2904,00	524462,40	419569,92	419,57	1,18	495,84	5,3667
30 - 33	sekunder	1%	76,00	13725,6	10980,48	10,98048	1,18	12,98	0,0997
31 - 33	sekunder	1%	56,00	10113,6	8090,88	8,09088	1,18	9,56	0,0509
33 - 5j	sekunder	4%	222,00	40093,20	32074,56	32,07	1,18	37,90	0,2952
5j - 5k	primer	60%	3202,00	578281,20	462624,96	462,62	1,18	546,72	5,7616
34 - 36	sekunder	2%	98,00	17698,8	14159,04	14,15904	1,18	16,73	0,1744
35 - 36	sekunder	1%	30,00	5418	4334,4	4,3344	1,18	5,12	0,0129
36 - 5k	sekunder	4%	224,00	40454,40	32363,52	32,36	1,18	38,25	0,3540
37 - 39	sekunder	2%	98,00	17698,8	14159,04	14,15904	1,18	16,73	0,1744
38 - 39	sekunder	1%	28,00	5056,8	4045,44	4,04544	1,18	4,78	0,0111
39 - 41	sekunder	5%	246,00	44427,60	35542,08	35,54	1,18	42,00	0,4578
40 - 41	sekunder	2%	124,00	22394,4	17915,52	17,91552	1,18	21,17	0,2927
41 - 5k	sekunder	9%	458,00	82714,80	66171,84	66,17	1,18	78,20	0,8881
5k - 5l	primer	75%	4000,00	722400,00	577920,00	577,92	1,18	682,97	7,2563
19 - 20	sekunder	6%	324,00	58514,4	46811,52	46,81152	1,18	55,32	2,4212
20 - 22	sekunder	8%	420,00	75852,00	60681,60	60,68	1,18	71,71	2,5879
21 - 22	sekunder	2%	120,00	21672	17337,6	17,3376	1,18	20,49	0,2723
22 - 23	sekunder	13%	676,00	122085,60	97668,48	97,67	1,18	115,42	3,2188
23 - 5m	sekunder	13%	704,00	127142,40	101713,92	101,71	1,18	120,20	3,2299
43 - 44	sekunder	2%	92,00	16615,2	13292,16	13,29216	1,18	15,71	0,1518
42 - 44	sekunder	2%	108,00	19504,8	15603,84	15,60384	1,18	18,44	0,2160

Jalur	Jenis	% Layanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/hari)	Q air limbah (L/hari)	Q rata-rata (m3/hari)	faktor peak	Qpeak (m3/hari)	Qmin (m3/hari)
44 - 46	sekunder	5%	244,00	44066,40	35253,12	35,25	1,18	41,66	0,3977
45 - 46	sekunder	2%	114,00	20588,4	16470,72	16,47072	1,18	19,46	0,2432
46 - 48	sekunder	8%	410,00	74046,00	59236,80	59,24	1,18	70,00	0,6842
47 - 48	sekunder	2%	124,00	22394,4	17915,52	17,91552	1,18	21,17	0,2927
48 - 5l	sekunder	11%	594,00	107276,40	85821,12	85,82	1,18	101,42	1,0361
5l - 5m	primer	86%	4612,00	832927,20	666341,76	666,34	1,18	787,46	8,2966
5m - IPAL	primer	100%	5332,00	960069,60	768055,68	768,06	1,18	907,66	11,5265

Sumber: Hasil Perhitungan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel 6 Perhitungan Dimensi Cluster 1

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m ³ /detik)	Qp (m ³ /detik)	n	D (m)	Qf cek (m ³ /detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m ³ /detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
1a - 1b	primer	167,68	15,0	8,6	0,038	0,038	0,000082	0,00010	0,013	0,10	0,01012	0,010	0,0000090	0,001	0,210	1,3	0,3
5 - 1	tersier	113,6	10,0	8,6	0,013	0,013	0,000040	0,00005	0,013	0,10	0,00583	0,008	0,0000038	0,001	0,200	0,7	0,7
1 - 2	sekunder	45	8,6	8,6	0,000	0,003	0,000100	0,00012	0,013	0,10	0,00283	0,043	0,0000114	0,005	0,250	0,4	0,4
6 - 2	tersier	114,98	12,0	8,6	0,030	0,030	0,000082	0,00010	0,013	0,10	0,00894	0,011	0,0000090	0,002	0,200	1,1	1,1
2 - 3	sekunder	46,51	8,6	8,6	0,000	0,003	0,000232	0,00028	0,013	0,10	0,00283	0,100	0,0000313	0,012	0,600	0,4	0,4
7 - 3	tersier	115	13,0	8,6	0,039	0,039	0,000042	0,00005	0,013	0,10	0,01015	0,005	0,0000040	0,001	0,170	1,3	1,3
3 - 4	sekunder	53,37	8,6	8,6	0,000	0,003	0,000314	0,00038	0,013	0,10	0,00283	0,136	0,0000450	0,016	0,410	0,4	0,4
8 - 4	tersier	136,6	14,0	8,6	0,040	0,040	0,000089	0,00011	0,013	0,10	0,01031	0,010	0,0000099	0,001	0,170	1,3	1,3
4 - 1b	sekunder	151,69	8,6	8,6	0,000	0,003	0,000510	0,00062	0,013	0,10	0,00283	0,220	0,0000804	0,029	0,520	0,4	0,4
9 - 1b	sekunder	142,19	8,6	8,6	0,000	0,001	0,000080	0,00010	0,013	0,10	0,00115	0,085	0,0000087	0,008	0,320	0,1	0,1
1b - 1c	primer	17,2	8,6	7,6	0,058	0,058	0,000672	0,00082	0,013	0,10	0,01245	0,066	0,0001120	0,009	0,360	1,6	0,6
10 - 12	tersier	170	13,0	12,0	0,006	0,006	0,000080	0,00010	0,013	0,10	0,00396	0,025	0,0000087	0,002	0,260	0,5	0,3
11 - 12	tersier	86,27	14,0	12,0	0,023	0,023	0,000080	0,00010	0,013	0,10	0,00786	0,012	0,0000087	0,001	0,170	1,0	0,3
12 - 14	tersier	66,3	12,0	11,0	0,015	0,015	0,000234	0,00029	0,013	0,10	0,00634	0,045	0,0000316	0,005	0,210	0,8	0,3
13- 14	tersier	119	12,0	11,0	0,008	0,008	0,000107	0,00013	0,013	0,10	0,00473	0,028	0,0000124	0,003	0,240	0,6	0,3
14 - 18	tersier	42,46	11,0	10,0	0,024	0,024	0,000368	0,00045	0,013	0,10	0,00792	0,057	0,0000544	0,007	0,170	1,0	0,3
15 - 18	tersier	123,66	10,0	10,0	0,000	0,003	0,000094	0,00011	0,013	0,10	0,00283	0,040	0,0000105	0,004	0,280	0,4	0,3
18 - 19	tersier	63,29	10,0	9,0	0,016	0,016	0,000488	0,00060	0,013	0,10	0,00649	0,092	0,0000763	0,012	0,170	0,8	0,3
20 - 19	tersier	122,65	9,0	9,0	0,000	0,003	0,000033	0,00004	0,013	0,10	0,00283	0,014	0,0000031	0,001	0,170	0,4	0,3
19 - 21	tersier	15	9,0	8,0	0,067	0,067	0,000522	0,00064	0,013	0,10	0,01333	0,048	0,0000827	0,006	0,320	1,7	0,3
17 - 21	sekunder	125	8,5	8,0	0,004	0,004	0,000047	0,00006	0,013	0,10	0,00326	0,017	0,0000046	0,001	0,210	0,4	0,3
21 - 1c	sekunder	221,5	8,0	7,6	0,002	0,002	0,000659	0,00080	0,013	0,10	0,00219	0,366	0,0001094	0,050	0,450	0,3	0,3
1c - 1d	primer	111,08	7,6	7,6	0,000	0,006	0,001331	0,00162	0,013	0,10	0,00400	0,406	0,0002543	0,064	0,500	0,5	0,3
40 - 41	tersier	125,72	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000090	0,00011	0,013	0,10	0,00326	0,034	0,0000101	0,003	0,570	0,4	0,3
42 - 41	sekunder	46,52	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000040	0,00005	0,013	0,10	0,00326	0,015	0,0000038	0,001	0,300	0,4	0,3
39 - 38	tersier	109,5	8,0	7,6	0,004	0,004	0,000042	0,00005	0,013	0,10	0,00312	0,016	0,0000040	0,001	0,240	0,4	0,3
41 - 38	sekunder	80	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000171	0,00021	0,013	0,10	0,00326	0,064	0,0000216	0,007	0,210	0,4	0,3
38 - 37	sekunder	157,67	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000396	0,00048	0,013	0,10	0,00326	0,148	0,0000594	0,018	0,340	0,4	0,3
35 - 36	tersier	156,3	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000181	0,00022	0,013	0,10	0,00326	0,067	0,0000231	0,007	0,170	0,4	0,3
34 - 36	tersier	59,53	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000047	0,00006	0,013	0,10	0,00326	0,017	0,0000046	0,001	0,240	0,4	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} / V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
36 - 37	tersier	45,16	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000271	0,00033	0,013	0,10	0,00326	0,101	0,0000376	0,012	0,170	0,4	0,3
37 - 1d	sekunder	75,8	7,6	7,6	0,001	0,004	0,000707	0,00086	0,013	0,10	0,00326	0,264	0,0001191	0,036	0,210	0,4	0,3
1d - 1e	primer	70,6	7,6	7,5	0,001	0,005	0,002038	0,00249	0,013	0,10	0,00365	0,681	0,0004242	0,116	0,690	0,5	0,3
22 - 29	tersier	130,5	7,8	7,6	0,002	0,004	0,000038	0,00005	0,013	0,10	0,00326	0,014	0,0000036	0,001	0,210	0,4	0,3
29 - 30	sekunder	45	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000130	0,00016	0,013	0,10	0,00326	0,049	0,0000157	0,005	0,320	0,4	0,3
23 - 30	tersier	125,7	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000097	0,00012	0,013	0,10	0,00326	0,036	0,0000110	0,003	0,240	0,4	0,3
30 - 31	sekunder	49,5	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000268	0,00033	0,013	0,10	0,00326	0,100	0,0000371	0,011	0,300	0,4	0,3
24 - 31	tersier	128,65	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000094	0,00011	0,013	0,10	0,00326	0,035	0,0000105	0,003	0,170	0,4	0,3
31 - 32	sekunder	51,21	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000401	0,00049	0,013	0,10	0,00326	0,150	0,0000603	0,018	0,380	0,4	0,3
25 - 32	tersier	129,7	7,6	7,6	0,000	0,004	0,000102	0,00012	0,013	0,10	0,00326	0,038	0,0000117	0,004	0,240	0,4	0,3
32 - 33	sekunder	111	7,6	7,5	0,001	0,004	0,000620	0,00076	0,013	0,10	0,00326	0,232	0,0001018	0,031	0,420	0,4	0,3
27 - 28	tersier	91,34	7,5	7,5	0,000	0,004	0,000105	0,00013	0,013	0,10	0,00326	0,039	0,0000121	0,004	0,260	0,4	0,3
26 - 28	tersier	77,07	7,5	7,5	0,000	0,004	0,000037	0,00004	0,013	0,10	0,00326	0,014	0,0000034	0,001	0,170	0,4	0,3
28 - 33	tersier	67,2	7,5	7,5	0,000	0,004	0,000162	0,00020	0,013	0,10	0,00326	0,061	0,0000203	0,006	0,290	0,4	0,3
33 - 1e	sekunder	75,77	7,5	7,5	0,000	0,004	0,000809	0,00099	0,013	0,10	0,00326	0,302	0,0001400	0,043	0,430	0,4	0,3
1e - 1f	primer	77	7,5	6,5	0,013	0,013	0,002848	0,00347	0,013	0,10	0,00589	0,590	0,0006336	0,108	0,680	0,7	0,5
43 - 45	tersier	72,7	7,6	7,5	0,001	0,002	0,000060	0,00007	0,013	0,10	0,00231	0,032	0,0000062	0,003	0,240	0,3	0,3
44 - 45	tersier	64	7,6	7,5	0,002	0,002	0,000037	0,00004	0,013	0,10	0,00231	0,019	0,0000034	0,001	0,170	0,3	0,3
45 - 46	tersier	48,62	7,5	7,3	0,004	0,004	0,000139	0,00017	0,013	0,10	0,00331	0,051	0,0000169	0,005	0,300	0,4	0,3
47 - 46	tersier	64,22	7,5	7,3	0,003	0,003	0,000050	0,00006	0,013	0,10	0,00288	0,021	0,0000050	0,002	0,260	0,4	0,3
46 - 51	tersier	43	7,3	7,2	0,002	0,002	0,000216	0,00026	0,013	0,10	0,00249	0,106	0,0000286	0,012	0,330	0,3	0,3
50 - 51	tersier	108,19	7,2	7,2	0,000	0,002	0,000038	0,00005	0,013	0,10	0,00231	0,020	0,0000036	0,002	0,210	0,3	0,3
51 - 52	tersier	63,05	7,2	7,0	0,003	0,003	0,000299	0,00037	0,013	0,10	0,00291	0,126	0,0000424	0,015	0,340	0,4	0,3
75 - 52	sekunder	94,5	7,0	7,0	0,000	0,002	0,000060	0,00007	0,013	0,10	0,00231	0,032	0,0000062	0,003	0,240	0,3	0,3
52 - 54	sekunder	45,67	7,0	6,8	0,004	0,004	0,000406	0,00050	0,013	0,10	0,00342	0,145	0,0000612	0,018	0,340	0,4	0,3
53 - 54	tersier	64,6	7,2	6,8	0,006	0,006	0,000097	0,00012	0,013	0,10	0,00406	0,029	0,0000110	0,003	0,210	0,5	0,3
54 - 58	sekunder	44,5	6,8	6,8	0,000	0,002	0,000564	0,00069	0,013	0,10	0,00231	0,298	0,0000907	0,039	0,430	0,3	0,3
55 - 56	tersier	40,44	7,6	7,4	0,005	0,005	0,000114	0,00014	0,013	0,10	0,00363	0,038	0,0000133	0,004	0,260	0,5	0,3
48 - 56	tersier	93,33	7,4	7,4	0,000	0,002	0,000094	0,00011	0,013	0,10	0,00231	0,049	0,0000105	0,005	0,280	0,3	0,3
56 - 57	tersier	21	7,4	7,2	0,010	0,010	0,000241	0,00029	0,013	0,10	0,00504	0,058	0,0000327	0,006	0,290	0,6	0,3
49 - 57	tersier	85	7,3	7,2	0,001	0,002	0,000075	0,00009	0,013	0,10	0,00231	0,040	0,0000081	0,004	0,240	0,3	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} / V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
57 - 58	tersier	67,43	7,2	6,8	0,006	0,006	0,000393	0,00048	0,013	0,10	0,00398	0,121	0,0000588	0,015	0,350	0,5	0,3
58 - 60	sekunder	52,6	6,8	6,7	0,002	0,002	0,001010	0,00123	0,013	0,10	0,00231	0,534	0,0001826	0,079	0,540	0,3	0,3
59 - 60	tersier	134,82	7,4	6,7	0,005	0,005	0,000171	0,00021	0,013	0,10	0,00372	0,056	0,0000216	0,006	0,300	0,5	0,3
60 - 1f	sekunder	77,66	6,7	6,5	0,003	0,003	0,001237	0,00151	0,013	0,10	0,00262	0,576	0,0002330	0,089	0,550	0,3	0,3
1f - 1g	primer	63,82	6,5	6,5	0,000	0,004	0,004085	0,00498	0,013	0,15	0,00963	0,518	0,0009769	0,101	0,550	0,5	0,3
16 - 1ba	sekunder	868,95	8,5	6,5	0,002	0,002	0,000201	0,00024	0,013	0,10	0,00248	0,099	0,0000263	0,011	0,320	0,3	0,3
1ba-1bb	primer	80,4	6,5	6,6	-0,001	0,003	0,000254	0,00031	0,013	0,10	0,00283	0,110	0,0000349	0,012	0,360	0,4	0,3
72 -69	tersier	105,7	7,0	6,8	0,002	0,002	0,000104	0,00013	0,013	0,10	0,00225	0,056	0,0000119	0,005	0,280	0,3	0,3
68 - 69	sekunder	45,72	7,0	6,8	0,004	0,004	0,000097	0,00012	0,013	0,10	0,00341	0,035	0,0000110	0,003	0,240	0,4	0,3
69 - 70	sekunder	57,46	6,8	6,8	0,000	0,002	0,000308	0,00038	0,013	0,10	0,00231	0,163	0,0000439	0,019	0,360	0,3	0,3
73 - 70	tersier	92,18	6,8	6,8	0,000	0,002	0,000067	0,00008	0,013	0,10	0,00231	0,035	0,0000070	0,003	0,280	0,3	0,3
70 - 71	sekunder	54,8	6,8	6,6	0,004	0,004	0,000435	0,00053	0,013	0,10	0,00312	0,170	0,0000664	0,021	0,480	0,4	0,3
74 - 71	tersier	83,37	6,7	6,6	0,001	0,002	0,000087	0,00011	0,013	0,10	0,00231	0,046	0,0000096	0,004	0,280	0,3	0,3
71 - 1bb	sekunder	60,54	6,6	6,6	0,000	0,002	0,000592	0,00072	0,013	0,10	0,00231	0,313	0,0000962	0,042	0,230	0,3	0,3
1bb-1bc	primer	54,2	6,6	6,5	0,001	0,004	0,000906	0,00111	0,013	0,10	0,00326	0,339	0,0001604	0,049	0,540	0,4	0,3
67 - 1bc	sekunder	203,59	6,5	6,5	0,000	0,004	0,000167	0,00020	0,013	0,10	0,00305	0,067	0,0000211	0,007	0,290	0,4	0,3
1bc-1bd	primer	40,12	6,5	6,5	0,000	0,004	0,001114	0,00136	0,013	0,10	0,00326	0,416	0,0002053	0,063	0,490	0,4	0,3
66 - 1bd	sekunder	204	6,5	6,5	0,000	0,002	0,000201	0,00024	0,013	0,10	0,00231	0,106	0,0000263	0,011	0,340	0,3	0,3
1bd - 1g	primer	70,42	6,5	6,5	0,000	0,002	0,001348	0,00164	0,013	0,10	0,00231	0,712	0,0002582	0,112	0,690	0,3	0,3
76 - 1aa	sekunder	115,19	7,6	6,6	0,009	0,009	0,000047	0,00006	0,013	0,10	0,00481	0,012	0,0000046	0,001	0,170	0,6	0,3
1aa - 1ab	primer	46,94	6,6	6,6	0,000	0,004	0,000080	0,00010	0,013	0,10	0,00326	0,030	0,0000087	0,003	0,300	0,4	0,3
61 - 1ab	sekunder	127	6,6	6,6	0,000	0,003	0,000054	0,00007	0,013	0,10	0,00283	0,023	0,0000054	0,002	0,210	0,4	0,3
1ab- 1ac	primer	52,76	6,6	6,6	0,000	0,004	0,000167	0,00020	0,013	0,10	0,00326	0,062	0,0000211	0,006	0,300	0,4	0,3
62 - 1ac	sekunder	131,97	6,6	6,6	0,000	0,003	0,000097	0,00012	0,013	0,10	0,00283	0,042	0,0000110	0,004	0,280	0,4	0,3
1 ac - 1h	primer	184,67	6,6	6,5	0,000	0,004	0,000321	0,00039	0,013	0,10	0,00326	0,120	0,0000462	0,014	0,400	0,4	0,3
1g - 1h	primer	80,71	6,5	6,5	0,000	0,004	0,005433	0,00663	0,013	0,15	0,00963	0,689	0,0013754	0,143	0,700	0,5	0,3
1h - 1i	primer	56,11	6,5	6,5	0,000	0,004	0,005781	0,00705	0,013	0,15	0,00963	0,733	0,0014817	0,154	0,730	0,5	0,3
65 - 1i	sekunder	173,54	6,6	6,5	0,000	0,003	0,000094	0,00011	0,013	0,10	0,00283	0,040	0,0000105	0,004	0,260	0,4	0,3
1i - 1j	primer	51,81	6,5	6,5	0,000	0,003	0,005908	0,00721	0,013	0,15	0,00834	0,865	0,0015209	0,182	0,720	0,5	0,3
63 - 1k	sekunder	175	6,6	6,5	0,000	0,005	0,000092	0,00011	0,013	0,10	0,00365	0,031	0,0000103	0,003	0,240	0,5	0,3
64 - 1k	sekunder	76,81	6,5	6,5	0,000	0,005	0,000040	0,00005	0,013	0,10	0,00365	0,013	0,0000038	0,001	0,170	0,5	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} / V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
1k - 1j	sekunder	17,8	6,5	6,5	0,003	0,003	0,000152	0,00019	0,013	0,10	0,00283	0,066	0,0000188	0,007	0,290	0,4	0,3
1j - IPAL	primer	5	6,5	6,5	0,000	0,003	0,006060	0,00739	0,013	0,15	0,00834	0,887	0,0015680	0,188	0,730	0,5	0,3

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 7 Perhitungan Dimensi Cluster 2

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} / V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
2a - 2b	primer	76,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000054	0,00007	0,013	0,10	0,00283	0,023	0,0000054	0,002	0,540	0,4	0,3
1 - 2b	sekunder	204,52	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000171	0,00021	0,013	0,10	0,00283	0,074	0,0000216	0,008	0,320	0,4	0,3
2 - 2b	sekunder	232,94	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000194	0,00024	0,013	0,10	0,00283	0,084	0,0000252	0,009	0,330	0,4	0,3
2b - 2c	primer	76	5,5	5,5	0,000	0,004	0,000418	0,00051	0,013	0,10	0,00326	0,156	0,0000634	0,020	0,410	0,4	0,3
7 - 6	sekunder	257,43	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000087	0,00011	0,013	0,10	0,00283	0,038	0,0000096	0,004	0,260	0,4	0,3
5 - 6	sekunder	33,43	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000080	0,00010	0,013	0,10	0,00283	0,035	0,0000087	0,004	0,260	0,4	0,3
6 - 2c	sekunder	144,47	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000318	0,00039	0,013	0,10	0,00283	0,137	0,0000456	0,017	0,390	0,4	0,3
4 - 2c	sekunder	416,67	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000151	0,00018	0,013	0,10	0,00283	0,065	0,0000186	0,007	0,300	0,4	0,3
2c - 2d	primer	101,65	5,5	5,5	0,000	0,005	0,000886	0,00108	0,013	0,10	0,00365	0,296	0,0001561	0,043	0,500	0,5	0,3
8 - 9	sekunder	83,27	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000107	0,00013	0,013	0,10	0,00283	0,046	0,0000124	0,005	0,280	0,4	0,3
9a - 9	sekunder	45,88	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000074	0,00009	0,013	0,10	0,00283	0,032	0,0000079	0,003	0,240	0,4	0,3
9 - 2d	sekunder	107,2	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000311	0,00038	0,013	0,10	0,00283	0,134	0,0000444	0,016	0,390	0,4	0,3
14 - 13	sekunder	142,2	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000127	0,00016	0,013	0,10	0,00283	0,055	0,0000152	0,006	0,290	0,4	0,3
12 - 13	sekunder	22	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000077	0,00009	0,013	0,10	0,00283	0,033	0,0000083	0,003	0,240	0,4	0,3
13 - 11	sekunder	102,17	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000266	0,00032	0,013	0,10	0,00283	0,115	0,0000368	0,014	0,370	0,4	0,3
10 - 11	sekunder	22	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000074	0,00009	0,013	0,10	0,00283	0,032	0,0000079	0,003	0,240	0,4	0,3
11 - 2d	sekunder	144	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000510	0,00062	0,013	0,10	0,00283	0,220	0,0000804	0,029	0,460	0,4	0,3
2d - 2e	primer	127,64	5,5	5,5	0,000	0,005	0,001707	0,00208	0,013	0,10	0,00365	0,571	0,0003429	0,094	0,620	0,5	0,3
16 - 18	sekunder	72,7	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000177	0,00022	0,013	0,10	0,00283	0,076	0,0000226	0,009	0,330	0,4	0,3
17 - 18	sekunder	45,4	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000161	0,00020	0,013	0,10	0,00283	0,069	0,0000201	0,008	0,320	0,4	0,3
18 - 2e	sekunder	120,35	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000508	0,00062	0,013	0,10	0,00283	0,219	0,0000801	0,029	0,460	0,4	0,3
19 - 2e	sekunder	139,8	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000194	0,00024	0,013	0,10	0,00283	0,084	0,0000252	0,009	0,330	0,4	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} / V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
2e - 2f	primer	280	5,5	5,5	0,000	0,004	0,002410	0,00294	0,013	0,10	0,00326	0,901	0,0005185	0,159	0,720	0,4	0,3
35 - 33	sekunder	445,46	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000157	0,00019	0,013	0,10	0,00283	0,068	0,0000196	0,007	0,300	0,4	0,3
33 - 2h	sekunder	200	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000508	0,00062	0,013	0,10	0,00283	0,219	0,0000801	0,029	0,460	0,4	0,3
34 - 2h	sekunder	410	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000535	0,00065	0,013	0,10	0,00283	0,231	0,0000852	0,031	0,460	0,4	0,3
2h - 2g	primer	55,34	5,5	5,5	0,000	0,005	0,001043	0,00127	0,013	0,10	0,00365	0,349	0,0001899	0,053	0,550	0,5	0,3
25 - 27	sekunder	73,6	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000144	0,00018	0,013	0,10	0,00283	0,062	0,0000176	0,007	0,300	0,4	0,3
26 - 27	sekunder	50	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000107	0,00013	0,013	0,10	0,00283	0,046	0,0000124	0,005	0,300	0,4	0,3
27 - 2g	sekunder	121	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000418	0,00051	0,013	0,10	0,00283	0,180	0,0000634	0,023	0,430	0,4	0,3
28 - 29	sekunder	147,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000109	0,00013	0,013	0,10	0,00283	0,047	0,0000126	0,005	0,300	0,4	0,3
31 - 29	sekunder	25	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000114	0,00014	0,013	0,10	0,00283	0,049	0,0000133	0,005	0,300	0,4	0,3
29 - 30	sekunder	103,46	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000346	0,00042	0,013	0,10	0,00283	0,149	0,0000505	0,018	0,400	0,4	0,3
32 - 30	sekunder	30	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000094	0,00011	0,013	0,10	0,00283	0,040	0,0000105	0,004	0,260	0,4	0,3
30 - 2g	sekunder	157,2	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000580	0,00071	0,013	0,10	0,00283	0,250	0,0000939	0,034	0,480	0,4	0,3
2g - 2f	primer	51,85	5,5	5,5	0,000	0,003	0,002042	0,00249	0,013	0,10	0,00283	0,881	0,0004250	0,151	0,720	0,4	0,3
22 - 24	sekunder	79,66	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000177	0,00022	0,013	0,10	0,00283	0,076	0,0000226	0,009	0,330	0,4	0,3
23 - 24	sekunder	39,06	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000080	0,00010	0,013	0,10	0,00283	0,035	0,0000087	0,004	0,260	0,4	0,3
24 - 2f	sekunder	120	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000406	0,00050	0,013	0,10	0,00283	0,175	0,0000612	0,022	0,420	0,4	0,3
2f - 2m	primer	153,31	5,5	5,5	0,000	0,003	0,005022	0,00613	0,013	0,15	0,00834	0,735	0,0012514	0,151	0,950	0,5	0,3
15 - 2i	sekunder	160	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000161	0,00020	0,013	0,10	0,00283	0,069	0,0000201	0,008	0,320	0,4	0,3
2i - 2j	primer	50	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000294	0,00036	0,013	0,10	0,00283	0,127	0,0000416	0,015	0,380	0,4	0,3
21 - 2j	sekunder	73,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000134	0,00016	0,013	0,10	0,00283	0,058	0,0000161	0,006	0,290	0,4	0,3
2j - 2k	primer	46,49	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000518	0,00063	0,013	0,10	0,00283	0,224	0,0000820	0,030	0,460	0,4	0,3
20 - 2k	sekunder	74,83	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000097	0,00012	0,013	0,10	0,00283	0,042	0,0000110	0,004	0,260	0,4	0,3
2k - 2l	primer	54,36	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000714	0,00087	0,013	0,10	0,00283	0,308	0,0001205	0,043	0,520	0,4	0,3
29 - 2l	sekunder	42,15	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000104	0,00013	0,013	0,10	0,00283	0,045	0,0000119	0,005	0,300	0,4	0,3
2l - 2m	primer	109,02	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000916	0,00112	0,013	0,10	0,00283	0,395	0,0001625	0,058	0,570	0,4	0,3
30 - 2m	sekunder	44,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000100	0,00012	0,013	0,10	0,00283	0,043	0,0000114	0,005	0,300	0,4	0,3
2m - 2n	primer	5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,006038	0,00737	0,013	0,15	0,00834	0,884	0,0015613	0,188	0,730	0,5	0,3
36 - 2n	sekunder	70	5,5	5,5	0,000	0,003	0,000089	0,00011	0,013	0,10	0,00283	0,038	0,0000099	0,004	0,260	0,4	0,3
2n - IPAL	primer	5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,006127	0,00747	0,013	0,15	0,00834	0,897	0,0015888	0,191	0,750	0,5	0,3

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8 Perhitungan Dimensi Cluster 3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/d etik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir												
Pelayanan 1																
18 - 3k	sekunder	184,5	5,5	5,5	0,005	0,00033	0,00055	0,013	0,10	0,0036	0,15	0,000010	0,002657	0,17	0,46	0,30
181 - 3l	sekunder	171,4 3	5,5	5,5	0,005	0,00020	0,00033	0,013	0,10	0,0036	0,09	0,000003	0,000863	0,17	0,46	0,30
3k - 3l	primer	56,71	5,5	5,5	0,005	0,00037	0,00060	0,013	0,10	0,0036	0,17	0,000010	0,002673	0,17	0,46	0,30
3l - IPAL 1	primer	3	5,5	5,5	0,005	0,00057	0,00093	0,013	0,10	0,0036	0,26	0,000013	0,003537	0,21	0,46	0,30
Pelayanan 2																
17 - 3j	sekunder	147	5,5	5,5	0,004	0,00020	0,00033	0,013	0,10	0,0033	0,10	0,000003	0,000965	0,17	0,42	0,30
16 - 3i	sekunder	128	5,5	5,5	0,004	0,00019	0,00031	0,013	0,10	0,0033	0,09	0,000003	0,000829	0,17	0,42	0,30
3i - 3j	primer	50,53	5,5	5,5	0,004	0,00022	0,00036	0,013	0,10	0,0033	0,11	0,000003	0,000848	0,17	0,42	0,30
3j - IPAL 2	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,00041	0,00067	0,013	0,10	0,0033	0,20	0,000005	0,001678	0,21	0,42	0,30
pelayanan 3																
14 - 3g	sekunder	115	5,5	5,5	0,004	0,00020	0,00033	0,013	0,10	0,0033	0,10	0,000003	0,000965	0,17	0,42	0,30
15 - 3h	sekunder	110,7 5	5,5	5,5	0,004	0,00021	0,00035	0,013	0,10	0,0033	0,11	0,000004	0,001113	0,17	0,42	0,30
3g - 3h	primer	50	5,5	5,5	0,004	0,00026	0,00043	0,013	0,10	0,0033	0,13	0,000004	0,001152	0,17	0,42	0,30
3h - IPAL 3	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,00047	0,00078	0,013	0,10	0,0033	0,24	0,000007	0,002265	0,21	0,42	0,30
pelayanan 4																
13 - 3f	sekunder	110	5,5	5,5	0,004	0,00020	0,00033	0,013	0,10	0,0033	0,10	0,000003	0,000965	0,17	0,42	0,30
12 - 3f	sekunder	113	5,5	5,5	0,004	0,00021	0,00035	0,013	0,10	0,0033	0,11	0,000004	0,001113	0,17	0,42	0,30
3e - 3f	primer	53,2	5,5	5,5	0,004	0,00026	0,00043	0,013	0,10	0,0033	0,13	0,000004	0,001152	0,17	0,42	0,30
3f - IPAL 4	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,00047	0,00078	0,013	0,10	0,0033	0,24	0,000007	0,002265	0,21	0,42	0,30
pelayanan 5																
9 - 3d	sekunder	114,5	5,5	5,5	0,004	0,00020	0,00033	0,013	0,10	0,0033	0,10	0,000003	0,000965	0,17	0,42	0,30
6 - 3c	sekunder	113	5,5	5,5	0,004	0,00021	0,00035	0,013	0,10	0,0033	0,11	0,000004	0,001113	0,17	0,42	0,30
3c - 3d	primer	54	5,5	5,5	0,004	0,00026	0,00043	0,013	0,10	0,0033	0,13	0,000004	0,001152	0,17	0,42	0,30
3d - IPAL 5	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,00047	0,00078	0,013	0,10	0,0033	0,24	0,000007	0,002265	0,21	0,42	0,30
pelayanan 6																
3 - 3b	sekunder	132	6,5	6,5	0,004	0,00013	0,00022	0,013	0,10	0,0033	0,07	0,000001	0,000396	0,17	0,42	0,30
3a -3b	primer	125,5	6,5	6,5	0,004	0,00012	0,00020	0,013	0,10	0,0033	0,06	0,000001	0,000314	0,17	0,42	0,30

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/d etik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir												
1 - 4	sekunder	110	6,5	6,5	0,004	0,00013	0,00022	0,013	0,10	0,0033	0,07	0,000001	0,000396	1,17	0,42	0,30
2 - 5	sekunder	105	6,5	6,5	0,004	0,00010	0,00016	0,013	0,10	0,0033	0,05	0,000001	0,000210	2,17	0,42	0,30
6 - 5	sekunder	56,71	6,5	6,5	0,004	0,00005	0,00008	0,013	0,10	0,0033	0,02	0,000000	0,000039	0,17	0,42	0,30
5 - 4	sekunder	3	6,5	6,5	0,004	0,00015	0,00024	0,013	0,10	0,0033	0,07	0,000002	0,000488	0,21	0,42	0,30
4 - 3c	sekunder	52	6,5	6,5	0,004	0,00039	0,00064	0,013	0,10	0,0033	0,19	0,000004	0,001126	2,21	0,42	0,30
3b - 3c	primer	45	6,5	6,5	0,004	0,00029	0,00047	0,013	0,10	0,0033	0,14	0,000002	0,000728	4,21	0,42	0,30
3c - IPAL 6	primer	5	6,5	5,5	0,004	0,00088	0,00144	0,013	0,10	0,0088	0,25	0,000009	0,023000	0,00	0,00	0,30
pelayanan 7																
13 - 3f	sekunder	116,8	5,5	5,5	0,004	0,00020	0,00033	0,013	0,10	0,0033	0,10	0,000003	0,000965	0,17	0,42	0,30
12 - 3f	sekunder	117	5,5	5,5	0,004	0,00021	0,00035	0,013	0,10	0,0033	0,11	0,000004	0,001113	0,17	0,42	0,30
3e - 3f	primer	52	5,5	5,5	0,004	0,00026	0,00043	0,013	0,10	0,0033	0,13	0,000004	0,001152	0,17	0,42	0,30
3f - IPAL 7	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,00047	0,00078	0,013	0,10	0,0033	0,24	0,000007	0,002265	0,21	0,42	0,30
pelayanan 8																
38 - 39	sekunder	79	5,5	5,5	0,004	0,00013	0,00022	0,013	0,10	0,0033	0,07	0,000001	0,000396	0,17	0,42	0,30
39 - 37	sekunder	109,6	5,5	5,5	0,004	0,00033	0,00055	0,013	0,10	0,0033	0,17	0,000004	0,001361	2,17	0,42	0,30
36 - 37	sekunder	95,3	5,5	5,5	0,004	0,00013	0,00022	0,013	0,10	0,0033	0,07	0,000001	0,000396	3,17	0,42	0,30
37 - 3o	sekunder	120,4	5,5	5,5	0,004	0,00063	0,00103	0,013	0,10	0,0033	0,32	0,000008	0,002348	5,17	0,42	0,30
35 - 3p	sekunder	35,7	5,5	5,5	0,004	0,00020	0,00151	0,013	0,10	0,0033	0,46	0,000003	0,000965	6,17	0,42	0,30
3p - 3o	primer	55	5,5	5,5	0,004	0,00054	0,00206	0,013	0,10	0,0033	0,63	0,000008	0,002326	8,17	0,42	0,30
3o - IPAL 8	primer	54	5,5	5,5	0,004	0,00150	0,00483	0,013	0,10	0,0033	1,48	0,000020	0,006035	10,17	0,42	0,30
pelayanan 9																
34 - 3q	sekunder	184,5	5,5	5,5	0,004	0,00030	0,00049	0,013	0,10	0,0033	0,15	0,000008	0,002356	0,17	0,42	0,30
33 - 3r	sekunder	171,4 3	5,5	5,5	0,004	0,00020	0,00033	0,013	0,10	0,0033	0,10	0,000003	0,000965	0,17	0,42	0,30
3r- 3q	primer	56,71	5,5	5,5	0,004	0,00033	0,00055	0,013	0,10	0,0033	0,17	0,000004	0,001361	0,17	0,42	0,30
3q - IPAL9	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,00054	0,00088	0,013	0,10	0,0033	0,27	0,000008	0,002326	0,21	0,42	0,30
pelayanan 10																
32 - 3s	sekunder	184,5	5,5	5,5	0,004	0,00027	0,00044	0,013	0,10	0,0033	0,13	0,000006	0,001818	0,17	0,42	0,30
31 - 3t	sekunder	171,4 3	5,5	5,5	0,004	0,00023	0,00038	0,013	0,10	0,0033	0,12	0,000004	0,001355	0,17	0,42	0,30
3t - 3s	sekunder	32	5,5	5,5	0,004	0,00033	0,00055	0,013	0,10	0,0033	0,17	0,000005	0,001565	2,17	0,42	0,30
3s - IPAL 10	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,00057	0,00093	0,013	0,10	0,0033	0,29	0,000010	0,002920	0,21	0,42	0,30
pelayanan 11																

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir												
3w - 3v	primer	184,5	5,5	5,5	0,004	0,00021	0,00035	0,013	0,10	0,0033	0,11	0,000004	0,001113	0,17	0,42	0,30
30 - 3u	sekunder	184,5	5,5	5,5	0,004	0,00018	0,00030	0,013	0,10	0,0033	0,09	0,000002	0,000766	0,17	0,42	0,30
29 - 3v	sekunder	171,4 3	5,5	5,5	0,004	0,00020	0,00033	0,013	0,10	0,0033	0,10	0,000003	0,000965	0,17	0,42	0,30
3V - 3u	primer	34	5,5	5,5	0,004	0,00052	0,00084	0,013	0,10	0,0033	0,26	0,000007	0,002288	0,17	0,42	0,30
3u - IPAL 11	primer	35	5,5	5,5	0,004	0,00100	0,00163	0,013	0,10	0,0033	0,50	0,000014	0,004229	0,17	0,42	0,30
pelayanan 12																
99 - 77	sekunder	87	5,5	5,5	0,004	0,00020	0,00033	0,013	0,10	0,0033	0,10	0,000003	0,000965	0,17	0,42	0,30
76 - 77	sekunder	45	5,5	5,5	0,004	0,00021	0,00035	0,013	0,10	0,0033	0,11	0,000004	0,001113	0,17	0,42	0,30
77 - 3x	primer	76,3	5,5	5,5	0,004	0,00026	0,00043	0,013	0,10	0,0033	0,13	0,000004	0,001152	0,17	0,42	0,30
95 - 3y	sekunder	153	5,5	5,5	0,004	0,00031	0,00050	0,013	0,10	0,0033	0,15	0,000004	0,001191	1,17	0,42	1,30
3y - 3x	primer	64	5,5	5,5	0,004	0,00057	0,00093	0,013	0,10	0,0033	0,29	0,000008	0,002343	2,17	0,42	2,30
3x - IPAL 12	primer	5	5,5	5,5	0,004	0,00088	0,00144	0,013	0,10	0,0033	0,44	0,000012	0,003534	3,17	0,42	3,30
pelayanan 13																
72 - 75	sekunder	134	5,5	5,5	0,004	0,00023	0,00038	0,013	0,10	0,0033	0,12	0,000004	0,001355	0,17	0,42	0,30
75 - 3aa	sekunder	44,8	5,5	5,5	0,004	0,00023	0,00038	0,013	0,10	0,0033	0,12	0,000004	0,001355	0,17	0,42	0,30
68 - 3ab	sekunder	56,71	5,5	5,5	0,004	0,00028	0,00046	0,013	0,10	0,0033	0,14	0,000005	0,001394	0,17	0,42	0,30
3ab - 3aa	primer	62,3	5,5	5,5	0,004	0,00052	0,00084	0,013	0,10	0,0033	0,26	0,000009	0,002750	0,21	0,42	0,30
3aa - IPAL 13	primer	12	5,5	5,5	0,004	0,00000	0,00000	0,013	0,10	0,0033	0,00	0,000000	0,000000	1,21	0,42	1,30
pelayanan 14																
67 - 3ac	sekunder	165	5,5	5,5	0,004	0,00027	0,00044	0,013	0,10	0,0033	0,13	0,000006	0,001818	0,17	0,42	0,30
66 - 3ad	sekunder	178	5,5	5,5	0,004	0,00024	0,00039	0,013	0,10	0,0033	0,12	0,000005	0,001442	0,17	0,42	0,30
3ad - 3ac	primer	44	5,5	5,5	0,004	0,00029	0,00047	0,013	0,10	0,0033	0,14	0,000005	0,001481	0,17	0,42	0,30
3ac - IPAL 14	primer	65	5,5	5,5	0,004	0,00053	0,00087	0,013	0,10	0,0033	0,27	0,000010	0,002923	0,21	0,42	0,30
pelayanan 15																
65 - 3ae	sekunder	134	5,5	5,5	0,004	0,00025	0,00042	0,013	0,10	0,0033	0,13	0,000005	0,001624	0,17	0,42	0,30
64 - 3af	sekunder	44,8	5,5	5,5	0,004	0,00028	0,00046	0,013	0,10	0,0033	0,14	0,000007	0,002024	0,17	0,42	0,30
3af - 3ae	primer	56,71	5,5	5,5	0,004	0,00033	0,00054	0,013	0,10	0,0033	0,16	0,000007	0,002063	0,17	0,42	0,30
3ae - IPAL 15	primer	62,3	5,5	5,5	0,004	0,00061	0,00100	0,013	0,10	0,0033	0,31	0,000013	0,004087	0,21	0,42	0,30
pelayanan 16																
62 - 3ag	sekunder	113,6	5,5	5,5	0,004	0,00020 1	0,000329014	0,013	0,1	0,003264551	0,10079	0,0000032	0,00096	0,17	0,416	0,30

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir												
57 - 3ah	sekunder	105,7	5,5	5,5	0,004	0,000240	0,000394817	0,013	0,1	0,003264551	0,12094	0,0000047	0,001441	0,17	0,416	0,30
3ah - 3 ag	primer	48,6	5,5	5,5	0,004	0,00010	0,000175474	0,013	0,1	0,003264551	0,05375	0,0000008	0,000242	0,17	0,416	0,30
3ag - IPAL 16	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,000348	0,000570291	0,013	0,1	0,003264551	0,1	0,0000055	0,001683	0,17	0,416	0,30
pelayanan 17																
56 - 3al	sekunder	102	5,5	5,5	0,004	0,000267	0,000438685	0,013	0,1	0,003264551	0,13437	0,0000059	0,001817	0,17	0,415	0,30
3aj - 3ai	sekunder	112	5,5	5,5	0,004	0,000234	0,00038385	0,013	0,1	0,003264551	0,11758	0,0000044	0,001355	0,17	0,415866358	0,30
3ai - IPAL17	primer	5	5,5	5,5	0,004	0,000515	0,000844469	0,013	0,1	0,003264551	0,25867	0,0000251	0,007679	0,17	0,415	0,30
pelayanan 18																
96 - IPAL 18	primer	593	5,5	5,5	0,003	0,000802667	0,001316055	0,013	0,1	0,002827184	0,46550	0,0000665	0,023534	0,17	0,360	0,30
pelayanan 19																
94 - 3ak	sekunder	107	5,5	5,5	0,004	0,00026	0,000438685	0,013	0,1	0,003264551	0,13437	0,0000059	0,001817	0,17	0,415	0,30
93 - 3al	sekunder	110	5,5	5,5	0,004	0,00026	0,000438685	0,013	0,1	0,003264551	0,13437	0,0000059	0,001817	0,17	0,415	0,30
3al - 3ak	primer	48	5,5	5,5	0,004	0,00036	0,000603192	0,013	0,1	0,003264551	0,18477	0,0000120	0,003662	0,17	0,415	0,30
3ak -IPAL 19	primer	5	5,5	5,5	0,004	0,000675	0,00110768	0,013	0,1	0,003264551	0,33930	0,0000455	0,013948	0,17	0,415	0,30
pelayanan 20																
92 - 3am	sekunder	105,6	5,5	5,5	0,004	0,000234	0,00038385	0,013	0,1	0,003264551	0,11758	0,0000044	0,001355	0,17	0,415	0,30
91- 3an	sekunder	104,7	5,5	5,5	0,004	0,000254	0,000416751	0,013	0,1	0,003264551	0,12765	0,0000053	0,001623	0,17	0,415	0,30
3an - 3am	primer	32	5,5	5,5	0,004	0,000394	0,000647061	0,013	0,1	0,003264551	0,19820	0,0000140	0,004274	0,17	0,4158	0,30
3am -IPAL 20	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,000668	0,001096713	0,013	0,1	0,003264551	0,33594	0,0000446	0,013646	0,17	0,415	0,30
pelayanan 21																
92 - 3am	sekunder	105,6	5,5	5,5	0,004	0,00023	0,00038385	0,013	0,1	0,003264551	0,11758	0,0000044	0,001355	0,17	0,415	0,30
91- 3an	sekunder	104,7	5,5	5,5	0,004	0,00025	0,000416751	0,013	0,1	0,003264551	0,12765	0,0000053	0,001623	0,17	0,415	0,30
3an - 3am	primer	32	5,5	5,5	0,004	0,00039	0,000647061	0,013	0,1	0,003264551	0,19820	0,0000140	0,004274	0,17	0,415	0,30
3am -IPAL 21	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,00066	0,001096713	0,013	0,1	0,003264551	0,33594	0,0000446	0,013646	0,17	0,415	0,30

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/d etik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir												
pelayanan 22																
90 - 84	primer	105	5,5	5,5	0,004	0,00023	0,00038385	0,015	0,1	0,002829277	0,13567	0,0000044	0,001563	0,17	0,360	0,30
84 - IPAL 22	primer	54	5,5	5,5	0,004	0,00046	0,000767699	0,015	0,1	0,002829277	0,27134	0,0000203	0,007184	0,17	0,360	0,30
pelayanan 23																
81 -61	sekunder	114,7	5,5	5,5	0,004	0,00024	0,000405784	0,013	0,1	0,003264551	0,12430	0,0000050	0,001531	0,17	0,415	0,30
80 - 60	sekunder	111,8	5,5	5,5	0,004	0,00026	0,000438685	0,013	0,1	0,003264551	0,13437	0,0000059	0,001817	0,17	0,415	0,30
60 - 61	primer	56	5,5	5,5	0,004	0,00046	0,000767699	0,013	0,1	0,003264551	0,23516	0,0000203	0,006226	0,17	0,415	0,30
61 - IPAL 23	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,00075	0,001239286	0,013	0,1	0,003264551	0,37961	0,0000583	0,017856	0,17	0,415	0,30
pelayanan 24																
79 -59	sekunder	114,7	5,5	5,5	0,004	0,00024	0,000405784	0,013	0,1	0,003264551	0,12430	0,0000050	0,001531	0,17	0,415	0,30
78 - 58	sekunder	111,8	5,5	5,5	0,004	0,00026	0,000438685	0,013	0,1	0,003264551	0,13437	0,0000059	0,001817	0,17	0,415	0,30
58- 59	primer	56	5,5	5,5	0,004	0,00046	0,000767699	0,013	0,1	0,003264551	0,23516	0,0000203	0,006226	0,17	0,415	0,30
59 - IPAL 24	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,00075	0,001239286	0,013	0,1	0,003264551	0,37961	0,0000583	0,017856	0,17	0,415	0,30
pelayanan 25																
101 - 102	sekunder	85	5,5	5,5	0,004	6,69E-05	0,000109671	0,015	0,1	0,002829277	0,03876	0,0000003	9,93E-05	0,17	0,360	0,30
102 - 104	primer	45	5,5	5,5	0,004	0,00016	0,000274178	0,015	0,1	0,002829277	0,09690	0,0000021	0,000745	0,17	0,360	0,30
103 - 104	sekunder	87,4	5,5	5,5	0,004	0,00013 3778	0,000219343	0,015	0,1	0,002829277	0,07752	0,0000013	0,000456	0,17	0,360	0,30
104 - 106	primer	46,3	5,5	5,5	0,004	0,00040 1333	0,000658028	0,015	0,1	0,002829277	0,23257	0,0000145	0,005118	0,17	0,360	0,30
105 - 106	sekunder	83,4	5,5	5,5	0,004	0,00023 4111	0,00038385	0,015	0,1	0,002829277	0,13567	0,0000044	0,001563	0,17	0,360	0,30
106 - 108	primer	42	5,5	5,5	0,004	0,00066	0,001096713	0,015	0,1	0,002829277	0,38763	0,0000446	0,015746	0,17	0,360	0,30
107 - 108	sekunder	80,5	5,5	5,5	0,004	6,69E-05	0,000109671	0,015	0,1	0,002829277	0,03876	0,0000003	9,94E-05	0,17	0,360	0,30
108 - 110	primer	41	5,5	5,5	0,004	0,00075	0,001239286	0,015	0,1	0,002829277	0,43802	0,0000583	0,020604	0,17	0,360	0,30
109 - 110	sekunder	81,1	5,5	5,5	0,004	0,00010	0,000164507	0,015	0,1	0,002829277	0,05814	0,0000007	0,000242	0,17	0,360	0,30
110 - IPAL 25	primer	106	5,5	5,5	0,004	0,00098	0,001623135	0,015	0,1	0,002829277	0,57369	0,0001055	0,037304	0,17	0,360	0,30

Tabel 9 Perhitungan Dimensi Cluster 4

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
4a - 4b	primer	224	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00283	0,055	0,0000171	0,007	0,280	0,4	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
8 - 2	tersier	57,24	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,077	0,0000201	0,009	0,290	0,3	0,3
1 - 2	sekunder	79,71	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,058	0,0000142	0,007	0,260	0,3	0,3
2- 3	sekunder	43,26	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0003	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,167	0,0000508	0,023	0,370	0,3	0,3
9 - 3	tersier	75,32	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,067	0,0000171	0,008	0,290	0,3	0,3
3 - 4	sekunder	47,21	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,00231	0,257	0,0000852	0,037	0,450	0,3	0,3
10 - 4	tersier	79,19	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,077	0,0000201	0,009	0,300	0,3	0,3
4 - 5	sekunder	35,67	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0008	0,0008	0,013	0,10	0,00231	0,363	0,0001290	0,056	0,500	0,3	0,3
11 - 5	tersier	86,4	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000181	0,008	0,290	0,3	0,3
5 - 6	sekunder	36,8	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0010	0,0011	0,013	0,10	0,00231	0,466	0,0001740	0,076	0,550	0,3	0,3
12 - 6	tersier	90,45	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,080	0,0000211	0,010	0,320	0,3	0,3
6 - 7	sekunder	45,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0012	0,0013	0,013	0,10	0,00231	0,578	0,0002255	0,098	0,600	0,3	0,3
13 - 7	sekunder	92,77	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,051	0,0000124	0,006	0,280	0,3	0,3
7 - 25	sekunder	118,54	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0015	0,0016	0,013	0,10	0,00231	0,707	0,0002869	0,125	0,650	0,3	0,3
19 - 20	sekunder	67,17	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,063	0,0000157	0,007	0,290	0,3	0,3
14 - 20	tersier	106,78	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,080	0,0000211	0,010	0,300	0,3	0,3
20 - 21	sekunder	53,45	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,181	0,0000561	0,025	0,400	0,3	0,3
15 - 21	tersier	112,91	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,077	0,0000201	0,009	0,550	0,3	0,3
21 - 22	sekunder	37,91	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0006	0,0007	0,013	0,10	0,00231	0,303	0,0001041	0,046	0,480	0,3	0,3
16 - 22	tersier	112,73	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,067	0,0000171	0,008	0,290	0,3	0,3
22 - 23	sekunder	45,14	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0008	0,0009	0,013	0,10	0,00231	0,403	0,0001463	0,064	0,540	0,3	0,3
17 - 23	tersier	115,23	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,074	0,0000191	0,009	0,300	0,3	0,3
23 - 24	sekunder	37	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0011	0,0012	0,013	0,10	0,00231	0,509	0,0001936	0,084	0,580	0,3	0,3
18 -24	tersier	114,93	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,090	0,0000242	0,011	0,320	0,3	0,3
24 - 25	sekunder	41,06	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0013	0,0015	0,013	0,10	0,00231	0,637	0,0002536	0,110	0,620	0,3	0,3
25 - 4b	sekunder	51,88	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0029	0,0032	0,013	0,15	0,00834	0,383	0,0006420	0,078	0,600	0,5	0,3
4b - 4c	primer	217,11	5,5	5,5	0,000	0,005	0,0032	0,0035	0,013	0,10	0,00346	1,018	0,0007234	0,209	0,740	0,4	0,3
31- 32	sekunder	69,23	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000181	0,008	0,300	0,3	0,3
26 - 32	tersier	100,96	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,080	0,0000211	0,010	0,300	0,3	0,3
32 -33	sekunder	38,65	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0005	0,0005	0,013	0,10	0,00231	0,222	0,0000717	0,032	0,450	0,3	0,3
27 - 33	tersier	95,04	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,074	0,0000191	0,009	0,300	0,3	0,3
33 - 34	sekunder	61,22	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0007	0,0008	0,013	0,10	0,00231	0,356	0,0001259	0,055	0,520	0,3	0,3
28 - 34	tersier	86,14	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,055	0,0000133	0,006	0,280	0,3	0,3
34 - 35	sekunder	57,58	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0010	0,0011	0,013	0,10	0,00231	0,489	0,0001844	0,080	0,580	0,3	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
29 - 35	tersier	87,32	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000181	0,008	0,300	0,3	0,3
35 - 36	sekunder	35,77	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0013	0,0015	0,013	0,10	0,00231	0,633	0,0002517	0,110	0,620	0,3	0,3
30 - 36	sekunder	90,23	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,072	0,0000186	0,009	0,300	0,3	0,3
36 - 55	sekunder	116,87	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0016	0,0018	0,013	0,10	0,00231	0,788	0,0003268	0,142	0,740	0,3	0,3
47 - 48	sekunder	76,37	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,064	0,0000161	0,007	0,300	0,3	0,3
56 - 48	tersier	112,42	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,077	0,0000201	0,009	0,330	0,3	0,3
48 - 49	sekunder	18	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0003	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,161	0,0000485	0,022	0,330	0,3	0,3
37 - 49	tersier	108,74	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,064	0,0000161	0,007	0,295	0,3	0,3
49 - 50	sekunder	50,74	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,00231	0,263	0,0000878	0,039	0,260	0,3	0,3
57 - 50	tersier	108,62	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,080	0,0000211	0,010	0,225	0,3	0,3
50 - 51	sekunder	14	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0007	0,0008	0,013	0,10	0,00231	0,356	0,0001262	0,055	0,190	0,6	0,3
42 - 43	tersier	35	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,061	0,0000152	0,007	0,155	0,3	0,3
38 - 43	tersier	44,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,042	0,0000096	0,005	0,120	0,3	0,3
43 - 44	tersier	23,25	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0003	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,154	0,0000462	0,020	0,085	0,3	0,3
39 - 44	tersier	53,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,045	0,0000105	0,005	0,050	0,3	0,3
44 - 45	tersier	27,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,00231	0,247	0,0000814	0,036	0,015	0,3	0,3
40 - 45	tersier	52,22	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,067	0,0000171	0,008	0,320	0,3	0,3
45 - 52	tersier	47,18	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0007	0,0008	0,013	0,10	0,00231	0,347	0,0001222	0,053	0,550	0,3	0,3
46 - 51	tersier	38,78	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,061	0,0000152	0,170	0,710	0,3	0,3
51 - 52	sekunder	25	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0010	0,0011	0,013	0,10	0,00231	0,496	0,0001877	0,082	0,620	0,3	0,3
52 - 53	sekunder	16,21	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0018	0,0020	0,013	0,10	0,00231	0,860	0,0003631	0,158	0,710	0,3	0,3
58a - 59	tersier	61,58	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,039	0,0000087	0,004	0,260	0,3	0,3
58 - 59	tersier	114	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000181	0,008	0,320	0,3	0,3
59 - 61	tersier	55	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,193	0,0000603	0,027	0,450	0,3	0,3
60 - 61	tersier	119,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,090	0,0000242	0,011	0,350	0,3	0,3
61 - 62	tersier	47,36	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0008	0,0009	0,013	0,10	0,00231	0,379	0,0001358	0,059	0,570	0,3	0,3
63 - 62	tersier	120,39	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,087	0,0000231	0,011	0,350	0,3	0,3
62 - 53	tersier	105,81	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0011	0,0012	0,013	0,10	0,00231	0,530	0,0002031	0,088	0,630	0,3	0,3
53 - 54	sekunder	40,7	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0030	0,0033	0,013	0,15	0,00681	0,486	0,0006703	0,099	0,600	0,4	0,3
66 - 54	tersier	113	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00283	0,058	0,0000181	0,007	0,300	0,4	0,3
41 - 54	tersier	104,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,024	0,0000062	0,003	0,240	0,4	0,3
54 - 55	sekunder	43	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0033	0,0037	0,013	0,15	0,00834	0,439	0,0007564	0,091	0,630	0,5	0,3
64 - 65	tersier	72,65	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00283	0,073	0,0000242	0,009	0,330	0,4	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
65 - 55	tersier	126,23	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0003	0,0004	0,013	0,10	0,00283	0,131	0,0000485	0,018	0,400	0,4	0,3
55 - 4c	sekunder	56,44	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0054	0,0060	0,013	0,15	0,00834	0,718	0,0013662	0,164	0,710	0,5	0,3
55a - 4c	sekunder	222,9	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00283	0,081	0,0000273	0,010	0,340	0,4	0,3
4c - 4d	primer	15	5,5	5,3	0,013	0,013	0,0088	0,0097	0,013	0,15	0,01758	0,554	0,0024502	0,140	0,450	1,0	0,3
4d - 4e	primer	424,5	5,3	5,5	0,000	0,002	0,0090	0,0100	0,013	0,20	0,01466	0,681	0,0025231	0,173	0,570	0,6	0,3
4e - 4f	primer	70,7	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0091	0,0101	0,013	0,20	0,01466	0,692	0,0025704	0,176	0,600	0,5	0,3
74 - 4f	sekunder	141,28	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,069	0,0000176	0,008	0,320	0,3	0,3
4f - 4g	primer	43	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0094	0,0104	0,013	0,20	0,01466	0,709	0,0026484	0,181	0,600	0,5	0,3
75 - 4g	sekunder	132,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,077	0,0000201	0,009	0,330	0,3	0,3
4g - 4h	primer	40,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0097	0,0107	0,013	0,20	0,01466	0,731	0,0027462	0,188	0,630	0,5	0,3
76 - 4h	sekunder	134,4	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000181	0,008	0,320	0,3	0,3
4h - 4i	primer	42,3	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0099	0,0110	0,013	0,20	0,01466	0,749	0,0028285	0,193	0,670	0,5	0,3
78 - 78a	tersier	116	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000181	0,008	0,320	0,3	0,3
73 - 78a	sekunder	42	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,055	0,0000133	0,006	0,290	0,3	0,3
78a - 79a	sekunder	36	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,180	0,0000555	0,025	0,450	0,3	0,3
79 - 79a	tersier	116,4	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,077	0,0000201	0,009	0,490	0,3	0,3
79a - 80a	sekunder	42,3	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0006	0,0007	0,013	0,10	0,00231	0,303	0,0001041	0,046	0,520	0,3	0,3
80 - 80a	tersier	112	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,042	0,0000096	0,005	0,280	0,3	0,3
80a - 77a	sekunder	31,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0008	0,0009	0,013	0,10	0,00231	0,384	0,0001379	0,060	0,570	0,3	0,3
77 - 77a	tersier	122,8	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,067	0,0000171	0,008	0,320	0,3	0,3
77a - 4i	sekunder	54	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0011	0,0012	0,013	0,10	0,00231	0,515	0,0001965	0,086	0,620	0,3	0,3
4i - 4j	primer	41,8	5,5	5,5	0,000	0,001	0,0111	0,0123	0,013	0,25	0,01329	0,923	0,0032305	0,244	0,740	0,3	0,3
81 - 85	sekunder	73,3	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,037	0,0000083	0,004	0,260	0,3	0,3
84 - 85	sekunder	35	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,053	0,0000128	0,006	0,290	0,3	0,3
85 - 83	sekunder	113,42	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,178	0,0000549	0,024	0,430	0,3	0,3
82 - 83	sekunder	35	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,064	0,0000161	0,007	0,300	0,3	0,3
83 - 4j	sekunder	80,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0006	0,0007	0,013	0,10	0,00231	0,294	0,0001001	0,044	0,520	0,3	0,3
4j - 4k	primer	44,5	5,5	5,5	0,000	0,001	0,0118	0,0131	0,013	0,25	0,01329	0,982	0,0034804	0,262	0,900	0,3	0,3
86 - 90	sekunder	74,89	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,054	0,0000131	0,006	0,290	0,3	0,3
89 - 90	sekunder	39	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000183	0,008	0,320	0,3	0,3
90- 88	sekunder	114,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,186	0,0000579	0,026	0,450	0,3	0,3
87 - 88	sekunder	35,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,035	0,0000077	0,004	0,260	0,3	0,3
88 - 4k	sekunder	77,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0006	0,0007	0,013	0,10	0,00231	0,304	0,0001044	0,046	0,420	0,3	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
4k - 4l	primer	35,1	5,5	5,5	0,000	0,001	0,0125	0,0139	0,013	0,25	0,01329	1,043	0,0037412	0,282	0,820	0,3	0,3
92 - 93	sekunder	114,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0000	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,022	0,0000046	0,002	0,210	0,3	0,3
91 - 93	sekunder	33,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,064	0,0000161	0,007	0,300	0,3	0,3
93 - 4l	sekunder	140,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0003	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,161	0,0000485	0,022	0,420	0,3	0,3
4l - 4m	primer	44,2	5,5	5,5	0,000	0,001	0,0129	0,0143	0,013	0,25	0,01329	1,078	0,0038905	0,293	0,830	0,3	0,3
94 - 96	sekunder	116,7	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,063	0,0000157	0,007	0,300	0,3	0,3
95 - 96	sekunder	30	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,058	0,0000142	0,007	0,300	0,3	0,3
96 - 4m	sekunder	145,6	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,185	0,0000573	0,025	0,450	0,3	0,3
4m - 4v	primer	55,8	5,5	5,5	0,000	0,001	0,0134	0,0149	0,013	0,25	0,01329	1,120	0,0040736	0,307	0,840	0,3	0,3
4n - 4o	primer	75,4	6	5,5	0,007	0,007	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00420	0,035	0,0000161	0,004	0,260	0,5	0,3
162 - 163	sekunder	84,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,042	0,0000124	0,005	0,740	0,4	0,3
164 - 163	sekunder	88,7	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,042	0,0000124	0,005	0,300	0,4	0,3
163 - 4o	sekunder	184,6	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,00283	0,148	0,0000561	0,020	0,330	0,4	0,3
152 - 153	sekunder	186,3	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,042	0,0000124	0,005	0,420	0,4	0,3
158 - 153	tersier	74,5	6	5,5	0,007	0,007	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00423	0,032	0,0000142	0,004	0,300	0,5	0,3
153 - 154	sekunder	32,2	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0003	0,0003	0,013	0,10	0,00283	0,118	0,0000427	0,016	0,430	0,4	0,3
159 - 154	tersier	88,14	6	5,5	0,006	0,006	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00389	0,032	0,0000133	0,004	0,300	0,5	0,3
154 - 155	sekunder	26,04	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,00283	0,205	0,0000827	0,030	0,300	0,4	0,3
160 - 155	tersier	85,49	6	5,5	0,006	0,006	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00395	0,032	0,0000133	0,004	0,320	0,5	0,3
155 - 156	sekunder	22	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0007	0,0008	0,013	0,10	0,00283	0,291	0,0001262	0,045	0,550	0,4	0,3
161 - 156	tersier	78,3	6	5,5	0,006	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,047	0,0000142	0,006	0,580	0,4	0,3
156 - 4o	sekunder	189,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0010	0,0011	0,013	0,10	0,00283	0,393	0,0001812	0,065	0,620	0,4	0,3
4o - 4p	primer	45,2	5,5	5,5	0,000	0,001	0,0016	0,0018	0,013	0,10	0,00163	1,115	0,0003272	0,201	0,450	0,2	0,3
142 - 4p	sekunder	125,4	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,064	0,0000161	0,007	0,300	0,3	0,3
146 - 4p	tersier	136,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,048	0,0000114	0,005	0,300	0,3	0,3
4p - 4q	primer	96,7	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0020	0,0022	0,013	0,10	0,00231	0,971	0,0004204	0,183	0,550	0,3	0,3
123 - 124	sekunder	61	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,034	0,0000075	0,004	0,260	0,3	0,3
133 - 124	tersier	142,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000181	0,008	0,320	0,3	0,3
124 - 125	sekunder	45,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0003	0,0003	0,013	0,10	0,00231	0,143	0,0000422	0,019	0,410	0,3	0,3
134 - 125	tersier	131,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,074	0,0000191	0,009	0,330	0,3	0,3
125 - 126	sekunder	45,24	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,00231	0,252	0,0000833	0,037	0,430	0,3	0,3
135 - 126	tersier	134	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000181	0,008	0,300	0,3	0,3
126 - 127	sekunder	45,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0008	0,0008	0,013	0,10	0,00231	0,361	0,0001283	0,056	0,300	0,3	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
136 - 127	tersier	131,8	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,074	0,0000191	0,009	0,300	0,3	0,3
127 - 128	sekunder	46	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0010	0,0011	0,013	0,10	0,00231	0,470	0,0001761	0,077	0,300	0,3	0,3
137 - 128	tersier	131	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,063	0,0000157	0,007	0,300	0,3	0,3
128 - 129	sekunder	48	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0012	0,0013	0,013	0,10	0,00231	0,575	0,0002240	0,098	0,300	0,3	0,3
138 - 129	tersier	132,6	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,042	0,0000096	0,005	0,330	0,3	0,3
129 - 130	sekunder	75,4	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0014	0,0016	0,013	0,10	0,00231	0,690	0,0002791	0,121	0,420	0,3	0,3
139 - 140	tersier	61,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,039	0,0000087	0,004	0,300	0,3	0,3
141 - 140	tersier	35,7	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,039	0,0000087	0,004	0,300	0,3	0,3
140 - 130	tersier	35	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0003	0,013	0,10	0,00231	0,112	0,0000316	0,014	0,370	0,3	0,3
130 -4q	sekunder	63	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0018	0,0020	0,013	0,10	0,00231	0,849	0,0003579	0,156	0,700	0,3	0,3
165-132a	sekunder	32,3	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,035	0,0000079	0,004	0,320	0,3	0,3
151 - 132a	tersier	115	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,071	0,0000181	0,008	0,320	0,3	0,3
132a - 131a	sekunder	51,7	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0003	0,0003	0,013	0,10	0,00231	0,151	0,0000450	0,020	0,410	0,3	0,3
150 - 131a	tersier	120,7	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,080	0,0000211	0,010	0,340	0,3	0,3
131a - 130a	sekunder	38,3	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0006	0,0006	0,013	0,10	0,00231	0,273	0,0000916	0,040	0,500	0,3	0,3
148 - 147	tersier	67,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,061	0,0000152	0,007	0,300	0,3	0,3
145 - 147	tersier	83,4	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,067	0,0000171	0,008	0,320	0,3	0,3
147 - 130a	tersier	33	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,00231	0,180	0,0000555	0,025	0,450	0,3	0,3
130a - 129a	sekunder	79,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0011	0,0012	0,013	0,10	0,00231	0,517	0,0001972	0,086	0,620	0,3	0,3
127a - 129a	tersier	82	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,058	0,0000142	0,007	0,300	0,3	0,3
129a - 4q	sekunder	46	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0014	0,0015	0,013	0,10	0,00231	0,649	0,0002590	0,113	0,670	0,3	0,3
4q - 4r	primer	155,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0053	0,0058	0,013	0,15	0,00681	0,859	0,0013283	0,196	0,580	0,4	0,3
108 - 108a	sekunder	134,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,090	0,0000242	0,011	0,420	0,3	0,3
108a - 109a	sekunder	47,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0003	0,0003	0,013	0,10	0,00231	0,122	0,0000349	0,016	0,300	0,3	0,3
109 - 109a	sekunder	133,7	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,087	0,0000231	0,011	0,500	0,3	0,3
109a - 110a	sekunder	48,9	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,00231	0,254	0,0000839	0,037	0,340	0,3	0,3
110 - 110a	sekunder	132	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,069	0,0000176	0,008	0,550	0,3	0,3
110a - 111a	sekunder	50	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0007	0,0008	0,013	0,10	0,00231	0,355	0,0001256	0,055	0,300	0,3	0,3
111 - 111a	sekunder	134,5	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,093	0,0000252	0,011	0,280	0,3	0,3
111a - 112a	sekunder	49	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0010	0,0011	0,013	0,10	0,00231	0,483	0,0001819	0,079	0,410	0,3	0,3
112 - 112a	sekunder	134	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,079	0,0000206	0,009	0,280	0,3	0,3
112a - 113a	sekunder	50	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0013	0,0014	0,013	0,10	0,00231	0,613	0,0002421	0,105	0,490	0,3	0,3
113 - 113a	sekunder	134	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,079	0,0000206	0,009	0,320	0,3	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
113a - 114a	sekunder	50	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0015	0,0017	0,013	0,10	0,00231	0,731	0,0002987	0,130	0,550	0,3	0,3
114 - 114a	sekunder	134	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,083	0,0000221	0,010	0,340	0,3	0,3
114a - 115a	sekunder	50	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0018	0,0020	0,013	0,10	0,00231	0,849	0,0003579	0,156	0,710	0,3	0,3
115 - 115a	sekunder	134	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,080	0,0000211	0,010	0,340	0,3	0,3
115a - 4r	sekunder	52	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0020	0,0022	0,013	0,10	0,00231	0,962	0,0004154	0,180	0,710	0,3	0,3
122 - 122a	sekunder	277	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,055	0,0000133	0,006	0,290	0,3	0,3
122a - 121a	sekunder	48,7	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0003	0,0003	0,013	0,10	0,00231	0,136	0,0000399	0,018	0,400	0,3	0,3
121 - 121a	sekunder	123,2	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,035	0,0000079	0,004	0,260	0,3	0,3
121a - 120a	sekunder	47,23	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0004	0,0005	0,013	0,10	0,00231	0,204	0,0000646	0,028	0,450	0,3	0,3
120 - 120a	sekunder	120	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,061	0,0000152	0,007	0,300	0,3	0,3
120a - 119a	sekunder	53	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0006	0,0007	0,013	0,10	0,00231	0,294	0,0001001	0,044	0,520	0,3	0,3
119 - 119a	sekunder	125	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,064	0,0000161	0,007	0,300	0,3	0,3
119a - 118a	sekunder	52	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0008	0,0009	0,013	0,10	0,00231	0,384	0,0001379	0,060	0,570	0,3	0,3
118 - 118a	sekunder	123	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,00231	0,067	0,0000171	0,008	0,490	0,3	0,3
118a - 117a	sekunder	50	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0010	0,0011	0,013	0,10	0,00231	0,474	0,0001776	0,077	0,600	0,3	0,3
117 - 117a	sekunder	123	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00231	0,064	0,0000161	0,007	0,300	0,3	0,3
117a - 4r	sekunder	55	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0012	0,0013	0,013	0,10	0,00231	0,564	0,0002187	0,095	0,640	0,3	0,3
4r - 4s	primer	23	5,5	5,5	0,000	0,001	0,0085	0,0094	0,013	0,20	0,01037	0,904	0,0023383	0,226	0,820	0,3	0,3
104a - 103a	sekunder	82	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,024	0,0000062	0,003	0,240	0,4	0,3
104 - 101	sekunder	115,7	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,034	0,0000096	0,004	0,260	0,4	0,3
103 - 101	sekunder	138	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,045	0,0000133	0,005	0,430	0,4	0,3
101 - 103a	sekunder	48	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0003	0,0004	0,013	0,10	0,00283	0,126	0,0000462	0,017	0,300	0,4	0,3
103a - 107a	sekunder	42	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0005	0,013	0,10	0,00283	0,168	0,0000652	0,024	0,300	0,4	0,3
107 - 107a	sekunder	132	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,042	0,0000124	0,005	0,300	0,4	0,3
107a - 106a	sekunder	45	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0006	0,0007	0,013	0,10	0,00283	0,233	0,0000968	0,035	0,300	0,4	0,3
106 - 106a	sekunder	122,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,039	0,0000114	0,005	0,248	0,4	0,3
106a - 105a	sekunder	44,2	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0008	0,0008	0,013	0,10	0,00283	0,296	0,0001290	0,046	0,222	0,4	0,3
105 - 105a	sekunder	123	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,045	0,0000133	0,005	0,196	0,4	0,3
105a - 4s	sekunder	45	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0009	0,0010	0,013	0,10	0,00283	0,359	0,0001625	0,058	0,170	0,4	0,3
69 - 4s	sekunder	445	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,00283	0,210	0,0000852	0,031	0,144	0,4	0,3
4s - 4t	primer	130	5,5	5,5	0,000	0,001	0,0100	0,0111	0,013	0,20	0,01037	1,074	0,0028761	0,278	0,550	0,3	0,3
97 - 4t	sekunder	47	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,00283	0,042	0,0000124	0,005	0,248	0,4	0,3
102 - 4t	sekunder	137,4	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00283	0,077	0,0000257	0,010	0,340	0,4	0,3

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
4t - 4u	primer	53,5	5,5	5,5	0,000	0,001	0,0105	0,0116	0,013	0,20	0,01037	1,117	0,0030156	0,291	0,550	0,3	0,3
100 - 4u	sekunder	183	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,00283	0,073	0,0000242	0,009	0,490	0,4	0,3
4u- 4v	primer	70,3	5,5	5,5	0,000	0,002	0,0107	0,0119	0,013	0,20	0,01270	0,937	0,0031155	0,246	0,550	0,4	0,3
4v - 4w	primer	20	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0242	0,0268	0,013	0,25	0,03256	0,823	0,0082459	0,254	0,880	0,7	0,3
4w - IPA	primer	10	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0242	0,0268	0,013	0,25	0,02972	0,901	0,0083833	0,283	0,880	0,6	0,3

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 10 Perhitungan Dimensi Cluster 5

Jalur pipa	Jenis pipa	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope medan	Slope rencana	Qr (m³/detik)	Qp (m³/detik)	n	D (m)	Qf cek (m³/detik)	Qp/Qf cek	Q _{min} (m³/detik)	Q _{min} /Q _{full} cek	V _{min} /V _{full}	V _{full} (m/detik)	V _{min} (m/detik)
			Awal	Akhir													
1 - 3	sekunder	123,56	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,080	0,00002	0,009	0,300	0,4	0,3
2 - 3	sekunder	43	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,038	0,00001	0,004	0,260	0,4	0,3
3-5a	sekunder	112,27	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0005	0,013	0,10	0,003	0,186	0,00007	0,025	0,450	0,4	0,3
5a-5b	primer	47,6	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0006	0,0007	0,013	0,10	0,003	0,231	0,00009	0,032	0,450	0,4	0,3
4 - 6	sekunder	113	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,075	0,00002	0,009	0,330	0,4	0,3
5 - 6	sekunder	41	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,027	0,00001	0,003	0,240	0,4	0,3
6 - 5b	sekunder	119,6	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,003	0,157	0,00006	0,020	0,410	0,4	0,3
5b -5c	primer	45	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0010	0,0012	0,013	0,10	0,003	0,431	0,00019	0,067	0,600	0,4	0,3
7 - 9	sekunder	114,2	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,062	0,00002	0,007	0,300	0,4	0,3
8 - 9	sekunder	44,56	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,039	0,00001	0,004	0,260	0,4	0,3
9 - 5c	sekunder	114,07	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0005	0,013	0,10	0,003	0,179	0,00007	0,024	0,450	0,4	0,3
5c- 5d	primer	46,3	5,5	5,5	0,000	0,004	0,0016	0,0019	0,013	0,10	0,003	0,569	0,00031	0,096	0,670	0,4	0,3
10- 12	sekunder	113,09	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,082	0,00003	0,010	0,340	0,4	0,3
11- 12	sekunder	41	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,048	0,00001	0,005	0,280	0,4	0,3
12- 5d	sekunder	109	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,003	0,206	0,00008	0,028	0,450	0,4	0,3
5d- 5e	primer	55,45	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0022	0,0026	0,013	0,10	0,003	0,917	0,00046	0,164	0,950	0,4	0,3
13- 15	sekunder	101,48	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,059	0,00002	0,007	0,300	0,4	0,3
14- 15	sekunder	51	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,034	0,00001	0,004	0,260	0,4	0,3
15- 5e	sekunder	113,99	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,003	0,157	0,00006	0,020	0,410	0,4	0,3
5e - 5f	primer	54	5,5	5,5	0,000	0,004	0,0027	0,0032	0,013	0,10	0,003	0,978	0,00059	0,183	0,950	0,4	0,4

16 - 5f	sekunder	219	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0003	0,013	0,10	0,003	0,095	0,00003	0,011	0,350	0,4	0,3
17- 18	sekunder	216,4	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,003	0,148	0,00005	0,019	0,410	0,4	0,3
18 - 5f	sekunder	74,78	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,003	0,217	0,00008	0,030	0,460	0,4	0,3
5f - 5g	primer	207,93	5,5	5,5	0,000	0,005	0,0036	0,0043	0,013	0,15	0,011	0,397	0,00084	0,079	0,500	0,6	0,3
5g- 5h	primer	45	5,5	5,5	0,000	0,005	0,0038	0,0045	0,013	0,15	0,011	0,414	0,00089	0,083	0,500	0,6	0,3
24- 26	sekunder	105,44	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,063	0,00002	0,007	0,300	0,4	0,3
25-26	sekunder	43,86	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,039	0,00001	0,004	0,260	0,4	0,3
26- 5h	sekunder	98,52	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0005	0,013	0,10	0,003	0,179	0,00007	0,024	0,430	0,4	0,3
5h - 5i	primer	42	5,5	5,5	0,000	0,004	0,0043	0,0051	0,013	0,15	0,010	0,527	0,00104	0,108	0,500	0,5	0,3
27- 29	sekunder	94,16	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,069	0,00002	0,008	0,320	0,4	0,3
28- 29	sekunder	43,09	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,039	0,00001	0,004	0,260	0,4	0,3
29 - 5i	sekunder	111,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0005	0,013	0,10	0,003	0,187	0,00007	0,025	0,450	0,4	0,3
5i - 5j	primer	42,7	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0049	0,0057	0,013	0,15	0,008	0,688	0,00120	0,145	0,790	0,5	0,4
30- 33	sekunder	94,03	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,053	0,00002	0,006	0,290	0,4	0,3
31- 33	sekunder	37,84	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,039	0,00001	0,004	0,260	0,4	0,3
33 - 5j	sekunder	105,31	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,003	0,155	0,00005	0,020	0,410	0,4	0,3
5j - 5k	primer	47,09	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0054	0,0063	0,013	0,15	0,008	0,759	0,00135	0,163	0,800	0,5	0,4
34- 36	sekunder	106,14	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,069	0,00002	0,008	0,320	0,4	0,3
35- 36	sekunder	40,19	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0001	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,021	0,00000	0,002	0,210	0,4	0,3
36- 5k	sekunder	95,22	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0004	0,013	0,10	0,003	0,157	0,00006	0,020	0,410	0,4	0,3
37- 39	sekunder	106	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,069	0,00002	0,008	0,320	0,4	0,3
38- 39	sekunder	36,62	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0000	0,0001	0,013	0,10	0,003	0,020	0,00000	0,002	0,210	0,4	0,3
39- 41	sekunder	100,28	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0005	0,013	0,10	0,003	0,172	0,00006	0,022	0,420	0,4	0,3
40- 41	sekunder	30	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,087	0,00003	0,010	0,340	0,4	0,3
41 -5k	sekunder	44,63	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0008	0,0009	0,013	0,10	0,003	0,320	0,00013	0,047	0,540	0,4	0,3
5k - 5l	primer	145	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0067	0,0079	0,013	0,15	0,008	0,948	0,00177	0,212	0,810	0,5	0,4
19- 20	sekunder	414,28	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0005	0,0006	0,013	0,10	0,003	0,226	0,00009	0,031	0,460	0,4	0,3
20- 22	sekunder	77,21	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0007	0,0008	0,013	0,10	0,003	0,294	0,00012	0,042	0,520	0,4	0,3
21- 22	sekunder	195	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,084	0,00003	0,010	0,340	0,4	0,3
22-23	sekunder	180,17	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0011	0,0013	0,013	0,10	0,003	0,473	0,00021	0,074	0,600	0,4	0,3
23-5m	sekunder	15	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0012	0,0014	0,013	0,10	0,003	0,492	0,00022	0,078	0,610	0,4	0,3
43 -44	sekunder	43,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,064	0,00002	0,007	0,300	0,4	0,3
42 -44	sekunder	140,12	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,075	0,00002	0,009	0,320	0,4	0,3
44 -46	sekunder	48,13	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0004	0,0005	0,013	0,10	0,003	0,171	0,00006	0,022	0,420	0,4	0,3
45 -46	sekunder	140,5	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,080	0,00002	0,009	0,330	0,4	0,3
46 -48	sekunder	29,71	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0007	0,0008	0,013	0,10	0,003	0,287	0,00011	0,041	0,500	0,4	0,3

47-48	sekunder	147	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0002	0,0002	0,013	0,10	0,003	0,087	0,00003	0,010	0,340	0,4	0,3
48 - 5l	sekunder	46,8	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0010	0,0012	0,013	0,10	0,003	0,415	0,00018	0,064	0,580	0,4	0,3
5l-5m	primer	15,92	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0077	0,0091	0,013	0,15	0,008	1,093	0,00209	0,252	0,830	0,5	0,4
5m- IPAL	primer	10	5,5	5,5	0,000	0,003	0,0089	0,0105	0,013	0,15	0,008	1,260	0,00248	0,299	0,840	0,9	0,7

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 11 Perhitungan Penanaman Cluster 1

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
1a - 1b	primer	49	167,68	15,0	8,6	0,038	6,450	14,20	7,75	14,30	7,85	0,80	0,80	
5 - 1	tersier	24	113,6	10,0	8,6	0,013	1,450	9,20	7,75	9,30	7,85	0,80	0,80	
1 - 2	sekunder	60	45	8,6	8,6	0,003	0,135	7,75	7,62	7,85	7,72	0,80	0,93	
6 - 2	tersier	49	114,98	12,0	8,6	0,030	3,450	11,20	7,75	11,30	7,85	0,80	0,80	
2 - 3	sekunder	139	46,51	8,6	8,6	0,003	0,140	7,62	7,48	7,72	7,58	0,93	1,07	
7 - 3	tersier	25	115	13,0	8,6	0,039	4,450	12,20	7,75	12,30	7,85	0,80	0,80	
3 - 4	sekunder	188	53,37	8,6	8,6	0,003	0,160	7,48	7,32	7,58	7,42	1,07	1,23	
8 - 4	tersier	53	136,6	14,0	8,6	0,040	5,450	13,20	7,75	13,30	7,85	0,80	0,80	
4 - 1b	sekunder	305	151,69	8,6	8,6	0,003	0,455	7,32	6,86	7,42	6,96	1,23	1,69	
9 - 1b	sekunder	48	142,19	8,6	8,6	0,001	0,071	7,75	7,679	7,85	7,78	0,80	0,87	
1b - 1c	primer	402	17,2	8,6	7,6	0,058	1,000	6,86	5,86	6,96	5,96	1,69	1,69	
10 - 12	tersier	48	170	13,0	12,0	0,006	1,000	12,20	11,20	12,30	11,30	0,80	0,80	
11 - 12	tersier	48	86,27	14,0	12,0	0,023	2,000	13,20	11,20	13,30	11,30	0,80	0,80	
12 - 14	tersier	140	66,3	12,0	11,0	0,015	1,000	11,20	10,20	11,30	10,30	0,80	0,80	
13- 14	tersier	64	119	12,0	11,0	0,008	1,000	11,20	10,20	11,30	10,30	0,80	0,80	
14 - 18	tersier	220	42,46	11,0	10,0	0,024	1,000	10,20	9,20	10,30	9,30	0,80	0,80	
15 - 18	tersier	56	123,66	10,0	10,0	0,003	0,371	9,20	8,83	9,30	8,93	0,80	1,17	
18 - 19	tersier	292	63,29	10,0	9,0	0,016	1,000	8,83	7,83	8,93	7,93	1,17	1,17	
20 - 19	tersier	20	122,65	9,0	9,0	0,003	0,368	8,20	7,83	8,30	7,93	0,80	1,17	
19 - 21	tersier	312	15	9,0	8,0	0,067	1,000	7,83	6,83	7,93	6,93	1,17	1,17	
17 - 21	sekunder	28	125	8,5	8,0	0,004	0,500	7,70	7,20	7,80	7,30	0,80	0,80	
21 - 1c	sekunder	394	221,5	8,0	7,6	0,002	0,400	6,83	6,43	6,93	6,53	1,17	1,17	
1c - 1d	primer	796	111,08	7,6	7,6	0,006	0,666	5,86	5,19	5,96	5,29	1,69	2,36	
40 - 41	tersier	54	125,72	7,6	7,6	0,004	0,503	6,80	6,30	6,90	6,40	0,80	1,30	
42 - 41	sekunder	24	46,52	7,6	7,6	0,004	0,186	6,80	6,61	6,90	6,71	0,80	0,99	
39 - 38	tersier	25	109,5	8,0	7,6	0,004	0,400	7,20	6,80	7,30	6,90	0,80	0,80	
41 - 38	sekunder	102	80	7,6	7,6	0,004	0,320	6,30	5,98	6,40	6,08	1,30	1,62	
38 - 37	sekunder	237	157,67	7,6	7,6	0,004	0,631	5,98	5,35	6,08	5,45	1,62	2,25	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
35 - 36	tersier	108	156,3	7,6	7,6	0,004	0,625	6,80	6,17	6,90	6,27	0,80	1,43	
34 - 36	tersier	28	59,53	7,6	7,6	0,004	0,238	6,80	6,56	6,90	6,66	0,80	1,04	
36 - 37	tersier	162	45,16	7,6	7,6	0,004	0,181	6,17	5,99	6,27	6,09	1,43	1,61	
37 - 1d	sekunder	423	75,8	7,6	7,6	0,004	0,303	5,35	5,04	5,45	5,14	2,25	2,51	
1d - 1e	primer	1219	70,6	7,6	7,5	0,005	0,353	5,04	4,69	5,14	4,79	2,51	2,81	
22 - 29	tersier	23	130,5	7,8	7,6	0,004	0,522	7,00	6,48	7,10	6,58	0,80	1,12	
29 - 30	sekunder	78	45	7,6	7,6	0,004	0,180	6,48	6,30	6,58	6,40	1,12	1,30	
23 - 30	tersier	58	125,7	7,6	7,6	0,004	0,503	6,80	6,30	6,90	6,40	0,80	1,30	
30 - 31	sekunder	160	49,5	7,6	7,6	0,004	0,198	6,30	6,10	6,40	6,20	1,30	1,50	
24 - 31	tersier	56	128,65	7,6	7,6	0,004	0,515	6,80	6,29	6,90	6,39	0,80	1,31	
31 - 32	sekunder	240	51,21	7,6	7,6	0,004	0,205	6,10	5,89	6,20	5,99	1,50	1,71	
25 - 32	tersier	61	129,7	7,6	7,6	0,004	0,519	6,80	6,28	6,90	6,38	0,80	1,32	
32 - 33	sekunder	371	111	7,6	7,5	0,004	0,444	5,89	5,45	5,99	5,55	1,71	2,05	
27 - 28	tersier	63	91,34	7,5	7,5	0,004	0,365	6,70	6,33	6,80	6,43	0,80	1,17	
26 - 28	tersier	22	77,07	7,5	7,5	0,004	0,308	6,70	6,39	6,80	6,49	0,80	1,11	
28 - 33	tersier	97	67,2	7,5	7,5	0,004	0,269	6,33	6,07	6,43	6,17	1,17	1,43	
33 - 1e	sekunder	484	75,77	7,5	7,5	0,004	0,303	6,07	5,76	6,17	5,86	1,43	1,74	
1e - 1f	primer	1703	77	7,5	6,5	0,013	1,001	4,69	3,69	4,79	3,79	2,81	2,81	
43 - 45	tersier	36	72,7	7,6	7,5	0,002	0,145	6,80	6,65	6,90	6,75	0,80	0,85	
44 - 45	tersier	22	64	7,6	7,5	0,002	0,128	6,80	6,67	6,90	6,77	0,80	0,83	
45 - 46	tersier	83	48,62	7,5	7,3	0,004	0,200	6,65	6,45	6,75	6,55	0,85	0,85	
47 - 46	tersier	30	64,22	7,5	7,3	0,003	0,200	6,70	6,50	6,80	6,60	0,80	0,80	
46 - 51	tersier	129	43	7,3	7,2	0,002	0,100	6,45	6,35	6,55	6,45	0,85	0,85	
50 - 51	tersier	23	108,19	7,2	7,2	0,002	0,216	6,40	6,18	6,50	6,28	0,80	1,02	
51 - 52	tersier	179	63,05	7,2	7,0	0,003	0,200	6,18	5,98	6,28	6,08	1,02	1,02	
75 - 52	sekunder	36	94,5	7,0	7,0	0,002	0,189	6,20	6,01	6,30	6,11	0,80	0,99	
52 - 54	sekunder	243	45,67	7,0	6,8	0,004	0,200	5,98	5,78	6,08	5,88	1,02	1,02	
53 - 54	tersier	58	64,6	7,2	6,8	0,006	0,400	6,40	6,00	6,50	6,10	0,80	0,80	
54 - 58	sekunder	337	44,5	6,8	6,8	0,002	0,089	5,78	5,69	5,88	5,79	1,02	1,11	
55 - 56	tersier	68	40,44	7,6	7,4	0,005	0,200	6,80	6,60	6,90	6,70	0,80	0,80	
48 - 56	tersier	56	93,33	7,4	7,4	0,002	0,187	6,60	6,41	6,70	6,51	0,80	0,99	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
56 - 57	tersier	144	21	7,4	7,2	0,010	0,200	6,41	6,21	6,51	6,31	0,99	0,99	
49 - 57	tersier	45	85	7,3	7,2	0,002	0,170	6,50	6,33	6,60	6,43	0,80	0,87	
57 - 58	tersier	235	67,43	7,2	6,8	0,006	0,400	6,21	5,81	6,31	5,91	0,99	0,99	
58 - 60	sekunder	604	52,6	6,8	6,7	0,002	0,105	5,81	5,71	5,91	5,81	0,99	0,99	
59 - 60	tersier	102	134,82	7,4	6,7	0,005	0,700	6,60	5,90	6,70	6,00	0,80	0,80	
60 - 1f	sekunder	740	77,66	6,7	6,5	0,003	0,200	5,71	5,51	5,81	5,61	0,99	0,99	
1f - 1g	primer	2443	63,82	6,5	6,5	0,004	0,255	3,69	3,43	3,84	3,58	2,81	3,07	
16 - 1ba	sekunder	120	868,95	8,5	6,5	0,002	2,000	7,70	5,70	7,80	5,80	0,80	0,80	
1ba - 1bb	primer	152	80,4	6,5	6,6	0,003	0,241	5,70	5,46	5,80	5,56	0,80	1,14	
72 -69	tersier	62	105,7	7,0	6,8	0,002	0,200	6,20	6,00	6,30	6,10	0,80	0,80	
68 - 69	sekunder	58	45,72	7,0	6,8	0,004	0,200	6,20	6,00	6,30	6,10	0,80	0,80	
69 - 70	sekunder	184	57,46	6,8	6,8	0,002	0,115	6,00	5,89	6,10	5,99	0,80	0,91	
73 - 70	tersier	40	92,18	6,8	6,8	0,002	0,184	6,00	5,82	6,10	5,92	0,80	0,98	
70 - 71	sekunder	260	54,8	6,8	6,6	0,004	0,200	5,82	5,62	5,92	5,72	0,98	0,98	
74 - 71	tersier	52	83,37	6,7	6,6	0,002	0,167	5,90	5,73	6,00	5,83	0,80	0,87	
71 - 1bb	sekunder	354	60,54	6,6	6,6	0,002	0,121	5,62	5,49	5,72	5,59	0,98	1,11	
1bb - 1bc	primer	542	54,2	6,6	6,5	0,004	0,217	5,46	5,24	5,56	5,34	1,14	1,29	
67 - 1 bc	sekunder	100	203,59	6,5	6,5	0,004	0,713	5,74	5,02	5,84	5,12	0,80	1,51	
1bc - 1bd	primer	666	40,12	6,5	6,5	0,004	0,160	5,02	4,86	5,12	4,96	1,51	1,67	
66 - 1bd	sekunder	120	204	6,5	6,5	0,002	0,408	5,74	5,33	5,84	5,43	0,80	1,20	
1bd - 1g	primer	806	70,42	6,5	6,5	0,002	0,141	4,86	4,72	4,96	4,82	1,67	1,78	
76 - 1 aa	sekunder	28	115,19	7,6	6,6	0,009	1,000	6,76	5,76	6,86	5,86	0,80	0,80	
1aa - 1ab	primer	48	46,94	6,6	6,6	0,004	0,188	4,72	4,54	4,82	4,64	1,83	2,02	
61 - 1 ab	sekunder	32	127	6,6	6,6	0,003	0,381	5,76	5,38	5,86	5,48	0,80	1,18	
1ab - 1ac	primer	100	52,76	6,6	6,6	0,004	0,211	4,54	4,32	4,64	4,42	2,02	2,23	
62 - 1ac	sekunder	58	131,97	6,6	6,6	0,003	0,396	5,76	5,36	5,86	5,46	0,80	1,19	
1 ac - 1h	primer	192	184,67	6,6	6,5	0,004	0,739	4,32	3,59	4,42	3,69	2,23	2,91	
1g - 1h	primer	3249	80,71	6,5	6,5	0,004	0,323	3,43	3,11	3,58	3,26	3,07	3,39	
1h - 1i	primer	3457	56,11	6,5	6,5	0,004	0,224	3,11	2,89	3,26	3,04	3,39	3,61	
65 - 1i	sekunder	56	173,54	6,6	6,5	0,003	0,521	5,75	5,23	5,85	5,33	0,80	1,27	
1i - 1j	primer	3533	51,81	6,5	6,5	0,003	0,155	2,89	2,73	3,04	2,88	3,61	3,77	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
63 - 1k	sekunder	55	175	6,6	6,5	0,005	0,875	5,75	4,88	5,85	4,98	0,80	1,67	
64 - 1k	sekunder	24	76,81	6,5	6,5	0,005	0,384	5,75	5,36	5,85	5,46	0,80	1,18	
1k - 1j	sekunder	91	17,8	6,5	6,5	0,003	0,053	5,75	5,69	5,85	5,79	0,80	0,81	
1j - IPAL	primer	3624	5	6,5	6,5	0,003	0,015	2,73	2,72	2,88	2,87	3,77	3,78	pompa

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 12 Perhitungan Penanaman Cluster 2

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
2a -2b	primer	32	76,5	5,5	5,5	0,003	0,230	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
1 - 2b	sekunder	102	204,52	5,5	5,5	0,003	0,614	4,70	4,09	4,80	4,19	0,80	1,41	
2 - 2b	sekunder	116	232,94	5,5	5,5	0,003	0,699	4,70	4,00	4,80	4,10	0,80	1,50	
2b - 2c	primer	250	76	5,5	5,5	0,004	0,304	4,00	3,70	4,10	3,80	1,50	1,80	
7 - 6	sekunder	52	257,43	5,5	5,5	0,003	0,772	4,70	3,93	4,80	4,03	0,80	1,57	
5 - 6	sekunder	48	33,43	5,5	5,5	0,003	0,100	4,70	4,60	4,80	4,70	0,80	0,90	
6 - 2c	sekunder	190	144,47	5,5	5,5	0,003	0,433	3,93	3,49	4,03	3,59	1,57	2,01	
4 - 2c	sekunder	90	416,67	5,5	5,5	0,003	1,250	4,70	3,45	4,80	3,55	0,80	2,05	
2c - 2d	primer	530	101,65	5,5	5,5	0,005	0,508	3,45	2,94	3,55	3,04	2,05	2,56	
8 - 9	sekunder	64	83,27	5,5	5,5	0,003	0,250	4,70	4,45	4,80	4,55	0,80	1,05	
9a - 9	sekunder	44	45,88	5,5	5,5	0,003	0,138	4,70	4,56	4,80	4,66	0,80	0,94	
9 - 2d	sekunder	186	107,2	5,5	5,5	0,003	0,322	4,45	4,13	4,55	4,23	1,05	1,37	
14 - 13	sekunder	76	142,2	5,5	5,5	0,003	0,427	4,70	4,27	4,80	4,37	0,80	1,23	
12 - 13	sekunder	46	22	5,5	5,5	0,003	0,066	4,70	4,63	4,80	4,73	0,80	0,87	
13 - 11	sekunder	159	102,17	5,5	5,5	0,003	0,307	4,27	3,97	4,37	4,07	1,23	1,53	
10 - 11	sekunder	44	22	5,5	5,5	0,003	0,066	4,70	4,63	4,80	4,73	0,80	0,87	
11 - 2d	sekunder	305	144	5,5	5,5	0,003	0,432	4,63	4,20	4,73	4,30	0,87	1,30	
2d - 2e	primer	1021	127,64	5,5	5,5	0,005	0,638	2,94	2,30	3,04	2,40	2,56	3,20	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
16 - 18	sekunder	106	72,7	5,5	5,5	0,003	0,218	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02	
17 - 18	sekunder	96	45,4	5,5	5,5	0,003	0,136	4,70	4,56	4,80	4,66	0,80	0,94	
18 - 2e	sekunder	304	120,35	5,5	5,5	0,003	0,361	4,48	4,12	4,58	4,22	1,02	1,38	
19 - 2e	sekunder	116	139,8	5,5	5,5	0,003	0,419	4,70	4,28	4,80	4,38	0,80	1,22	
2e - 2f	primer	1441	280	5,5	5,5	0,004	1,120	2,30	1,18	2,40	1,28	3,20	4,32	
35 - 33	sekunder	94	445,46	5,5	5,5	0,003	1,336	4,70	3,36	4,80	3,46	0,80	2,14	
33 - 2h	sekunder	304	200	5,5	5,5	0,003	0,600	3,36	2,76	3,46	2,86	2,14	2,74	
34 - 2h	sekunder	320	410	5,5	5,5	0,003	1,230	4,70	3,47	4,80	3,57	0,80	2,03	
2h - 2g	primer	624	55,34	5,5	5,5	0,005	0,277	4,70	4,42	4,80	4,52	0,80	1,08	
25 - 27	sekunder	86	73,6	5,5	5,5	0,003	0,221	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02	
26 - 27	sekunder	64	50	5,5	5,5	0,003	0,150	4,70	4,55	4,80	4,65	0,80	0,95	
27 - 2g	sekunder	250	121	5,5	5,5	0,003	0,363	4,48	4,12	4,58	4,22	1,02	1,38	
28 - 29	sekunder	65	147,5	5,5	5,5	0,003	0,443	4,70	4,26	4,80	4,36	0,80	1,24	
31 - 29	sekunder	68	25	5,5	5,5	0,003	0,075	4,70	4,63	4,80	4,73	0,80	0,88	
29 - 30	sekunder	207	103,46	5,5	5,5	0,003	0,310	4,26	3,95	4,36	4,05	1,24	1,55	
32 - 30	sekunder	56	30	5,5	5,5	0,003	0,090	4,70	4,61	4,80	4,71	0,80	0,89	
30 - 2g	sekunder	347	157,2	5,5	5,5	0,003	0,472	3,95	3,48	4,05	3,58	1,55	2,02	
2g - 2f	primer	1221	51,85	5,5	5,5	0,003	0,156	3,48	3,32	3,58	3,42	2,02	2,18	
22 - 24	sekunder	106	79,66	5,5	5,5	0,003	0,239	4,70	4,46	4,80	4,56	0,80	1,04	
23 - 24	sekunder	48	39,06	5,5	5,5	0,003	0,117	4,70	4,58	4,80	4,68	0,80	0,92	
24 - 2f	sekunder	243	120	5,5	5,5	0,003	0,360	4,46	4,10	4,56	4,20	1,04	1,40	
2f - 2m	primer	3003	153,31	5,5	5,5	0,003	0,460	1,18	0,72	1,33	0,87	4,32	4,78	
15 - 2i	sekunder	96	160	5,5	5,5	0,003	0,480	4,70	4,22	4,80	4,32	0,80	1,28	
2i - 2j	primer	176	50	5,5	5,5	0,003	0,150	4,22	4,07	4,32	4,17	1,28	1,43	
21 - 2j	sekunder	80	73,5	5,5	5,5	0,003	0,221	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02	
2j -2k	primer	310	46,49	5,5	5,5	0,003	0,139	4,07	3,93	4,17	4,03	1,43	1,57	
20 - 2k	sekunder	58	74,83	5,5	5,5	0,003	0,224	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02	
2k-2l	primer	427	54,36	5,5	5,5	0,003	0,163	3,93	3,77	4,03	3,87	1,57	1,73	
29- 2l	sekunder	62	42,15	5,5	5,5	0,003	0,126	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	
2l - 2m	primer	548	109,02	5,5	5,5	0,003	0,327	3,77	3,44	3,87	3,54	1,73	2,06	
30 - 2m	sekunder	60	44,5	5,5	5,5	0,003	0,134	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
2m - 2n	primer	3611	5	5,5	5,5	0,003	0,015	0,72	0,71	0,87	0,86	4,78	4,79	
36 - 2n	sekunder	53	70	5,5	5,5	0,003	0,210	4,70	4,49	4,80	4,59	0,80	1,01	
2n - IPAL	primer	3664	5	5,5	5,5	0,003	0,015	0,71	0,69	0,86	0,84	4,79	4,81	pompa

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 13 Perhitungan Penanaman Cluster 3

Jalur	Jenis	L (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Pelayanan 1												
18 - 3k	sekunder	184,5	5,5	5,5	0,005	0,92	4,70	3,78	4,80	3,88	0,80	1,72
181 - 3l	sekunder	171,43	5,5	5,5	0,005	0,86	4,70	3,84	4,80	3,94	0,80	1,66
3k - 3l	primer	56,71	5,5	5,5	0,005	0,28	3,78	3,49	3,88	3,59	1,72	2,01
3l - IPAL 1	primer	3	5,5	5,5	0,005	0,02	3,49	3,48	3,59	3,58	2,01	2,02
Pelayanan 2												
17 - 3j	sekunder	147	5,5	5,5	0,004	0,59	4,70	4,11	4,80	4,21	0,80	1,39
16 - 3i	sekunder	128	5,5	5,5	0,004	0,51	4,70	4,19	4,80	4,29	0,80	1,31
3i - 3j	primer	50,53	5,5	5,5	0,004	0,20	4,11	3,91	4,21	4,01	1,39	1,59
3j - IPAL 2	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,02	4,19	4,17	4,29	4,27	1,31	1,33
pelayanan 3												
14 - 3g	sekunder	115	5,5	5,5	0,004	0,46	4,70	4,24	4,80	4,34	0,80	1,26
15 - 3h	sekunder	110,75	5,5	5,5	0,004	0,44	4,70	4,26	4,80	4,36	0,80	1,24
3g - 3h	primer	50	5,5	5,5	0,004	0,20	4,24	4,04	4,34	4,14	1,26	1,46
3h - IPAL 3	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,01	4,26	4,25	4,36	4,35	1,24	1,26
pelayanan 4												
13 - 3f	sekunder	110	5,5	5,5	0,004	0,44	4,70	4,26	4,80	4,36	0,80	1,24
12 - 3f	sekunder	113	5,5	5,5	0,004	0,45	4,70	4,25	4,80	4,35	0,80	1,25
3e - 3f	primer	53,2	5,5	5,5	0,004	0,21	4,26	4,05	4,36	4,15	1,24	1,45
3f - IPAL 4	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,02	4,25	4,23	4,35	4,33	1,25	1,27
pelayanan 5												
9 - 3d	sekunder	114,5	5,5	5,5	0,004	0,46	4,70	4,24	4,80	4,34	0,80	1,26

6 - 3c	sekunder	113	5,5	5,5	0,004	0,45	4,70	4,25	4,80	4,35	0,80	1,25
3c - 3d	primer	54	5,5	5,5	0,004	0,22	4,24	4,03	4,34	4,13	1,26	1,47
3d - IPAL 5	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,02	4,25	4,23	4,35	4,33	1,25	1,27
pelayanan 6												
3 - 3b	sekunder	132	6,5	6,5	0,004	0,53	5,70	5,17	5,80	5,27	0,80	1,33
3a -3b	primer	125,5	6,5	6,5	0,004	0,50	5,70	5,20	5,80	5,30	0,80	1,30
1 - 4	sekunder	110	6,5	6,5	0,004	0,44	5,70	5,26	5,80	5,36	0,80	1,24
2 - 5	sekunder	105	6,5	6,5	0,004	0,42	5,70	5,28	5,80	5,38	0,80	1,22
6 - 5	sekunder	56,71	6,5	6,5	0,004	0,23	5,17	4,95	5,27	5,05	1,33	1,55
5 - 4	sekunder	3	6,5	6,5	0,004	0,01	4,95	4,93	5,05	5,03	1,55	1,57
4 - 3c	sekunder	52	6,5	6,5	0,004	0,21	4,93	4,73	5,03	4,83	1,57	1,77
3b - 3c	primer	45	6,5	6,5	0,004	0,18	4,73	4,55	4,83	4,65	1,77	1,95
3c - IPAL 6	primer	5	6,5	5,5	0,004	0,02	4,55	4,53	4,65	4,63	1,95	1,97
pelayanan 7												
13 - 3f	sekunder	116,8	5,5	5,5	0,004	0,47	4,70	4,23	4,80	4,33	0,80	1,27
12 - 3f	sekunder	117	5,5	5,5	0,004	0,47	4,70	4,23	4,80	4,33	0,80	1,27
3e - 3f	primer	52	5,5	5,5	0,004	0,21	4,23	4,02	4,33	4,12	1,27	1,48
3f - IPAL 7	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,01	4,23	4,22	4,33	4,32	1,27	1,28
pelayanan 8												
38 - 39	sekunder	79	5,5	5,5	0,004	0,32	4,70	4,38	4,80	4,48	0,80	1,12
39 -37	sekunder	109,6	5,5	5,5	0,004	0,44	4,70	4,26	4,80	4,36	0,80	1,24
36 - 37	sekunder	95,3	5,5	5,5	0,004	0,38	4,70	4,32	4,80	4,42	0,80	1,18
37 - 3o	sekunder	120,4	5,5	5,5	0,004	0,48	4,70	4,22	4,80	4,32	0,80	1,28
35 -3p	sekunder	35,7	5,5	5,5	0,004	0,14	4,70	4,56	4,80	4,66	0,80	0,94
3p - 3o	primer	55	5,5	5,5	0,004	0,22	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02
3o - IPAL 8	primer	54	5,5	5,5	0,004	0,22	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02
pelayanan 9												
34 - 3q	sekunder	184,5	5,5	5,5	0,004	0,74	4,70	3,96	4,80	4,06	0,80	1,54
33 - 3r	sekunder	171,43	5,5	5,5	0,004	0,69	4,70	4,01	4,80	4,11	0,80	1,49
3r- 3q	primer	56,71	5,5	5,5	0,004	0,23	3,96	3,74	4,06	3,84	1,54	1,76
3q - IPAL9	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,01	4,01	4,00	4,11	4,10	1,49	1,50
pelayanan 10												
32 - 3s	sekunder	184,5	5,5	5,5	0,004	0,74	4,70	3,96	4,80	4,06	0,80	1,54
31 - 3t	sekunder	171,43	5,5	5,5	0,004	0,69	4,70	4,01	4,80	4,11	0,80	1,49
3t - 3s	sekunder	32	5,5	5,5	0,004	0,13	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93
3s - IPAL 10	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,01	4,01	4,00	4,11	4,10	1,49	1,50

pelayanan 11													
3w - 3v	primer	184,5	5,5	5,5	0,004	0,74	4,70	3,96	4,80	4,06	0,80	1,54	
30 - 3u	sekunder	184,5	5,5	5,5	0,004	0,74	4,70	3,96	4,80	4,06	0,80	1,54	
29 - 3v	sekunder	171,43	5,5	5,5	0,004	0,69	4,70	4,01	4,80	4,11	0,80	1,49	
3V - 3u	primer	34	5,5	5,5	0,004	0,14	4,70	4,56	4,80	4,66	0,80	0,94	
3u - IPAL 11	primer	35	5,5	5,5	0,004	0,14	4,70	4,56	4,80	4,66	0,80	0,94	
pelayanan 12													
99 - 77	sekunder	87	5,5	5,5	0,004	0,35	4,70	4,35	4,80	4,45	0,80	1,15	
76 - 77	sekunder	45	5,5	5,5	0,004	0,18	4,70	4,52	4,80	4,62	0,80	0,98	
77 - 3x	primer	76,3	5,5	5,5	0,004	0,31	4,35	4,05	4,45	4,15	1,15	1,45	
95 - 3y	sekunder	153	5,5	5,5	0,004	0,61	4,52	3,91	4,62	4,01	0,98	1,59	
3y- 3x	primer	64	5,5	5,5	0,004	0,26	3,91	3,65	4,01	3,75	1,59	1,85	
3x - IPAL 12	primer	5	5,5	5,5	0,004	0,02	4,05	4,03	4,15	4,13	1,45	1,47	
pelayanan 13													
72 - 75	sekunder	134	5,5	5,5	0,004	0,54	4,70	4,16	4,80	4,26	0,80	1,34	
75 - 3aa	sekunder	44,8	5,5	5,5	0,004	0,18	4,70	4,52	4,80	4,62	0,80	0,98	
68 - 3ab	sekunder	56,71	5,5	5,5	0,004	0,23	4,16	3,94	4,26	4,04	1,34	1,56	
3ab - 3aa	primer	62,3	5,5	5,5	0,004	0,25	4,52	4,27	4,62	4,37	0,98	1,23	
3aa - IPAL 13	primer	12	5,5	5,5	0,004	0,05	4,27	4,22	4,37	4,32	1,23	1,28	
pelayanan 14													
67 - 3ac	sekunder	165	5,5	5,5	0,004	0,66	4,70	4,04	4,80	4,14	0,80	1,46	
66 - 3ad	sekunder	178	5,5	5,5	0,004	0,71	4,70	3,99	4,80	4,09	0,80	1,51	
3ad - 3ac	primer	44	5,5	5,5	0,004	0,18	4,04	3,86	4,14	3,96	1,46	1,64	
3ac -IPAL 14	primer	65	5,5	5,5	0,004	0,26	3,99	3,73	4,09	3,83	1,51	1,77	
pelayanan 15													
65 - 3ae	sekunder	134	5,5	5,5	0,004	0,54	4,70	4,16	4,80	4,26	0,80	1,34	
64 - 3af	sekunder	44,8	5,5	5,5	0,004	0,18	4,70	4,52	4,80	4,62	0,80	0,98	
3af - 3ae	primer	56,71	5,5	5,5	0,004	0,23	4,16	3,94	4,26	4,04	1,34	1,56	
3ae -IPAL 15	primer	62,3	5,5	5,5	0,004	0,25	4,52	4,27	4,62	4,37	0,98	1,23	
pelayanan 16													
62 - 3ag	sekunder	113,6	5,5	5,5	0,004	0,4544	4,7	4,2456	4,8	4,3456	0,8	1,2544	
57 - 3ah	sekunder	105,7	5,5	5,5	0,004	0,4228	4,7	4,2772	4,8	4,3772	0,8	1,2228	
3ah - 3 ag	primer	48,6	5,5	5,5	0,004	0,1944	4,2772	4,0828	4,3772	4,1828	1,2228	1,4172	
3ag - IPAL 16	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,016	4,0828	4,0668	4,1828	4,1668	1,4172	1,4332	
pelayanan 17													

56 - 3al	sekunder	102	5,5	5,5	0,004	0,408	4,7	4,292	4,8	4,392	0,8	1,208
3aj - 3ai	sekunder	112	5,5	5,5	0,004	0,448	4,7	4,252	4,8	4,352	0,8	1,248
3ai - IPAL 17	primer	5	5,5	5,5	0,004	0,02	4,7	4,68	4,8	4,78	0,8	0,82
pelayanan 18												
96 - IPAL 18	primer	593	5,5	5,5	0,003	1,779	4,7	2,921	4,8	3,021	0,8	2,579
pelayanan 19												
94 - 3ak	sekunder	107	5,5	5,5	0,004	0,428	4,7	4,272	4,8	4,372	0,8	1,228
93 - 3al	sekunder	110	5,5	5,5	0,004	0,44	4,7	4,26	4,8	4,36	0,8	1,24
3al - 3ak	primer	48	5,5	5,5	0,004	0,192	4,26	4,068	4,36	4,168	1,24	1,432
3ak - IPAL 19	primer	5	5,5	5,5	0,004	0,02	4,068	4,048	4,168	4,148	1,432	1,452
pelayanan 20												
92 - 3am	sekunder	105,6	5,5	5,5	0,004	0,4224	4,7	4,2776	4,8	4,3776	0,8	1,2224
91- 3an	sekunder	104,7	5,5	5,5	0,004	0,4188	4,7	4,2812	4,8	4,3812	0,8	1,2188
3an - 3am	primer	32	5,5	5,5	0,004	0,128	4,2812	4,1532	4,3812	4,2532	1,2188	1,3468
3am - IPAL 20	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,012	4,1532	4,1412	4,2532	4,2412	1,3468	1,3588
pelayanan 21												
92 - 3am	sekunder	105,6	5,5	5,5	0,004	0,4224	4,7	4,2776	4,8	4,3776	0,8	1,2224
91- 3an	sekunder	104,7	5,5	5,5	0,004	0,4188	4,7	4,2812	4,8	4,3812	0,8	1,2188
3an - 3am	primer	32	5,5	5,5	0,004	0,128	4,2812	4,1532	4,3812	4,2532	1,2188	1,3468
3am - IPAL 21	primer	3	5,5	5,5	0,004	0,012	4,1532	4,1412	4,2532	4,2412	1,3468	1,3588
pelayanan 22												
90 - 84	primer	105	5,5	5,5	0,004	0,42	4,7	4,28	4,8	4,38	0,8	1,22
84 - IPAL 22	primer	54	5,5	5,5	0,004	0,216	4,28	4,064	4,38	4,164	1,22	1,436
pelayanan 23												
81 -61	sekunder	114,7	5,5	5,5	0,004	0,4588	4,7	4,2412	4,8	4,3412	0,8	1,2588
80 - 60	sekunder	111,8	5,5	5,5	0,004	0,4472	4,7	4,2528	4,8	4,3528	0,8	1,2472
60 - 61	primer	56	5,5	5,5	0,004	0,224	4,2528	4,0288	4,3528	4,1288	1,2472	1,4712
61 - IPAL 23	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,016	4,0288	4,0128	4,1288	4,1128	1,4712	1,4872
pelayanan 24												
79 -59	sekunder	114,7	5,5	5,5	0,004	0,4588	4,7	4,2412	4,8	4,3412	0,8	1,2588
78 - 58	sekunder	111,8	5,5	5,5	0,004	0,4472	4,7	4,2528	4,8	4,3528	0,8	1,2472
58- 59	primer	56	5,5	5,5	0,004	0,224	4,2528	4,0288	4,3528	4,1288	1,2472	1,4712
59 - IPAL 24	primer	4	5,5	5,5	0,004	0,016	4,0288	4,0128	4,1288	4,1128	1,4712	1,4872
pelayanan 25												
101 - 102	sekunder	85	5,5	5,5	0,004	0,34	4,7	4,36	4,8	4,46	0,8	1,14
102 - 104	primer	45	5,5	5,5	0,004	0,18	4,36	4,18	4,46	4,28	1,14	1,32

103 - 104	sekunder	87,4	5,5	5,5	0,004	0,3496	4,7	4,3504	4,8	4,4504	0,8	1,1496
104 - 106	primer	46,3	5,5	5,5	0,004	0,1852	4,18	3,9948	4,28	4,0948	1,32	1,5052
105 - 106	sekunder	83,4	5,5	5,5	0,004	0,3336	4,7	4,3664	4,8	4,4664	0,8	1,1336
106 - 108	primer	42	5,5	5,5	0,004	0,168	3,9948	3,8268	4,0948	3,9268	1,5052	1,6732
107 - 108	sekunder	80,5	5,5	5,5	0,004	0,322	4,7	4,378	4,8	4,478	0,8	1,122
108 - 110	primer	41	5,5	5,5	0,004	0,164	3,8268	3,6628	3,9268	3,7628	1,6732	1,8372
109 - 110	sekunder	81,1	5,5	5,5	0,004	0,3244	4,7	4,3756	4,8	4,4756	0,8	1,1244
110 - IPAL 25	primer	106	5,5	5,5	0,004	0,424	3,6628	3,2388	3,7628	3,3388	1,8372	2,2612

Tabel 14 Perhitungan Penanaman Cluster 4

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
4a - 4b	primer	84	224	5,5	5,5	0,003	0,672	4,70	4,03	4,80	4,13	0,80	1,47	
8 - 2	tersier	96	57,24	5,5	5,5	0,002	0,114	4,70	4,59	4,80	4,69	0,80	0,91	
1 - 2	sekunder	72	79,71	5,5	5,5	0,002	0,159	4,70	4,54	4,80	4,64	0,80	0,96	
2 - 3	sekunder	208	43,26	5,5	5,5	0,002	0,087	4,54	4,45	4,64	4,55	0,96	1,05	
9 - 3	tersier	84	75,32	5,5	5,5	0,002	0,151	4,70	4,55	4,80	4,65	0,80	0,95	
3 - 4	sekunder	320	47,21	5,5	5,5	0,002	0,094	4,45	4,36	4,55	4,46	1,05	1,14	
10 - 4	tersier	96	79,19	5,5	5,5	0,002	0,158	4,70	4,54	4,80	4,64	0,80	0,96	
4 - 5	sekunder	452	35,67	5,5	5,5	0,002	0,071	4,36	4,29	4,46	4,39	1,14	1,21	
11 - 5	tersier	88	86,4	5,5	5,5	0,002	0,173	4,70	4,53	4,80	4,63	0,80	0,97	
5 - 6	sekunder	580	36,8	5,5	5,5	0,002	0,074	4,29	4,21	4,39	4,31	1,21	1,29	
12 - 6	tersier	100	90,45	5,5	5,5	0,002	0,181	4,70	4,52	4,80	4,62	0,80	0,98	
6 - 7	sekunder	720	45,5	5,5	5,5	0,002	0,091	4,21	4,12	4,31	4,22	1,29	1,38	
13 - 7	sekunder	64	92,77	5,5	5,5	0,002	0,186	4,70	4,51	4,80	4,61	0,80	0,99	
7 - 25	sekunder	880	118,54	5,5	5,5	0,002	0,237	4,12	3,89	4,22	3,99	1,38	1,61	
19 - 20	sekunder	78	67,17	5,5	5,5	0,002	0,134	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	
14 - 20	tersier	100	106,78	5,5	5,5	0,002	0,214	3,89	3,67	3,99	3,77	1,61	1,83	
20 - 21	sekunder	226	53,45	5,5	5,5	0,002	0,107	3,67	3,57	3,77	3,67	1,83	1,93	
15 - 21	tersier	96	112,91	5,5	5,5	0,002	0,226	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
21 - 22	sekunder	378	37,91	5,5	5,5	0,002	0,076	3,57	3,49	3,67	3,59	1,93	2,01	
16 - 22	tersier	84	112,73	5,5	5,5	0,002	0,225	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
22 - 23	sekunder	502	45,14	5,5	5,5	0,002	0,090	3,49	3,40	3,59	3,50	2,01	2,10	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
17 - 23	tersier	92	115,23	5,5	5,5	0,002	0,230	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
23 - 24	sekunder	634	37	5,5	5,5	0,002	0,074	3,40	3,33	3,50	3,43	2,10	2,17	
18 -24	tersier	112	114,93	5,5	5,5	0,002	0,230	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
24 - 25	sekunder	794	41,06	5,5	5,5	0,002	0,082	3,33	3,24	3,43	3,34	2,17	2,26	
25 - 4b	sekunder	1722	51,88	5,5	5,5	0,003	0,156	3,24	3,09	3,39	3,24	2,26	2,41	
4b - 4c	primer	1902	217,11	5,5	5,5	0,005	0,977	3,09	2,11	3,19	2,21	2,41	3,39	
31- 32	sekunder	88	69,23	5,5	5,5	0,002	0,138	4,70	4,56	4,80	4,66	0,80	0,94	
26 - 32	tersier	100	100,96	5,5	5,5	0,002	0,202	4,70	4,50	4,80	4,60	0,80	1,00	
32 -33	sekunder	277	38,65	5,5	5,5	0,002	0,077	4,50	4,42	4,60	4,52	1,00	1,08	
27 - 33	tersier	92	95,04	5,5	5,5	0,002	0,190	4,70	4,51	4,80	4,61	0,80	0,99	
33 - 34	sekunder	443	61,22	5,5	5,5	0,002	0,122	4,42	4,30	4,52	4,40	1,08	1,20	
28 - 34	tersier	68	86,14	5,5	5,5	0,002	0,172	4,70	4,53	4,80	4,63	0,80	0,97	
34 - 35	sekunder	609	57,58	5,5	5,5	0,002	0,115	4,30	4,18	4,40	4,28	1,20	1,32	
29 - 35	tersier	88	87,32	5,5	5,5	0,002	0,175	4,70	4,53	4,80	4,63	0,80	0,97	
35 - 36	sekunder	789	35,77	5,5	5,5	0,002	0,072	4,18	4,11	4,28	4,21	1,32	1,39	
30 - 36	sekunder	90	90,23	5,5	5,5	0,002	0,180	4,70	4,52	4,80	4,62	0,80	0,98	
36 - 55	sekunder	981	116,87	5,5	5,5	0,002	0,234	4,11	3,88	4,21	3,98	1,39	1,62	
47 - 48	sekunder	80	76,37	5,5	5,5	0,002	0,153	3,88	3,73	3,98	3,83	1,62	1,77	
56 - 48	tersier	96	112,42	5,5	5,5	0,002	0,225	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02	
48 - 49	sekunder	200	18	5,5	5,5	0,002	0,036	3,73	3,69	3,83	3,79	1,77	1,81	
37 - 49	tersier	80	108,74	5,5	5,5	0,002	0,217	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02	
49 - 50	sekunder	328	50,74	5,5	5,5	0,002	0,101	3,69	3,59	3,79	3,69	1,81	1,91	
57 - 50	tersier	100	108,62	5,5	5,5	0,002	0,217	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02	
50 - 51	sekunder	444	14	5,5	5,5	0,002	0,028	3,59	3,56	3,69	3,66	1,91	1,94	
42 - 43	tersier	76	35	5,5	5,5	0,002	0,070	4,70	4,63	4,80	4,73	0,80	0,87	
38 - 43	tersier	52	44,5	5,5	5,5	0,002	0,089	4,70	4,61	4,80	4,71	0,80	0,89	
43 - 44	tersier	192	23,25	5,5	5,5	0,002	0,047	4,61	4,56	4,71	4,66	0,89	0,94	
39 - 44	tersier	56	53,5	5,5	5,5	0,002	0,107	4,70	4,59	4,80	4,69	0,80	0,91	
44 - 45	tersier	308	27,5	5,5	5,5	0,002	0,055	4,56	4,51	4,66	4,61	0,94	0,99	
40 - 45	tersier	84	52,22	5,5	5,5	0,002	0,104	4,70	4,60	4,80	4,70	0,80	0,90	
45 - 52	tersier	432	47,18	5,5	5,5	0,002	0,094	4,51	4,42	4,61	4,52	0,99	1,08	
46 - 51	tersier	76	38,78	5,5	5,5	0,002	0,078	4,42	4,34	4,52	4,44	1,08	1,16	
51 - 52	sekunder	618	25	5,5	5,5	0,002	0,050	4,34	4,29	4,44	4,39	1,16	1,21	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
52 - 53	sekunder	1071	16,21	5,5	5,5	0,002	0,032	4,70	4,67	4,80	4,77	0,80	0,83	
58a - 59	tersier	48	61,58	5,5	5,5	0,002	0,123	4,70	4,58	4,80	4,68	0,80	0,92	
58 - 59	tersier	88	114	5,5	5,5	0,002	0,228	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
59 - 61	tersier	240	55	5,5	5,5	0,002	0,110	4,47	4,36	4,57	4,46	1,03	1,14	
60 - 61	tersier	112	119,5	5,5	5,5	0,002	0,239	4,70	4,46	4,80	4,56	0,80	1,04	
61 - 62	tersier	472	47,36	5,5	5,5	0,002	0,095	4,36	4,27	4,46	4,37	1,14	1,23	
63 - 62	tersier	108	120,39	5,5	5,5	0,002	0,241	4,70	4,46	4,80	4,56	0,80	1,04	
62 - 53	tersier	660	105,81	5,5	5,5	0,002	0,212	4,27	4,06	4,37	4,16	1,23	1,44	
53 - 54	sekunder	1785	40,7	5,5	5,5	0,002	0,081	4,06	3,97	4,21	4,12	1,44	1,53	
66 - 54	tersier	88	113	5,5	5,5	0,003	0,339	4,70	4,36	4,80	4,46	0,80	1,14	
41 - 54	tersier	36	104,5	5,5	5,5	0,003	0,314	4,70	4,39	4,80	4,49	0,80	1,11	
54 - 55	sekunder	1974	43	5,5	5,5	0,003	0,129	4,36	4,23	4,51	4,38	1,14	1,27	
64 -65	tersier	112	72,65	5,5	5,5	0,003	0,218	4,70	4,48	4,80	4,58	0,80	1,02	
65 - 55	tersier	200	126,23	5,5	5,5	0,003	0,379	4,70	4,32	4,80	4,42	0,80	1,18	
55 - 4c	sekunder	3231	56,44	5,5	5,5	0,003	0,169	3,88	3,71	4,03	3,86	1,62	1,79	
55a - 4c	sekunder	124	222,9	5,5	5,5	0,003	0,669	4,70	4,03	4,80	4,13	0,80	1,47	
4c - 4d	primer	5257	15	5,5	5,3	0,013	0,200	2,11	1,91	2,26	2,06	3,39	3,39	
4d - 4e	primer	5387	424,5	5,3	5,5	0,002	0,849	1,91	1,06	2,11	1,26	3,39	4,44	
4e - 4f	primer	5471	70,7	5,5	5,5	0,002	0,141	1,06	0,92	1,26	1,12	4,44	4,58	
74 - 4f	sekunder	86	141,28	5,5	5,5	0,002	0,283	4,70	4,42	4,80	4,52	0,80	1,08	
4f - 4g	primer	5609	43	5,5	5,5	0,002	0,086	0,92	0,83	1,12	1,03	4,58	4,67	
75 - 4g	sekunder	96	132,5	5,5	5,5	0,002	0,265	4,70	4,44	4,80	4,54	0,80	1,07	
4g - 4h	primer	5781	40,5	5,5	5,5	0,002	0,081	0,83	0,75	1,03	0,95	4,67	4,75	
76 - 4h	sekunder	88	134,4	5,5	5,5	0,002	0,269	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
4h - 4i	primer	5925	42,3	5,5	5,5	0,002	0,085	0,75	0,67	0,95	0,87	4,75	4,83	
78 - 78a	tersier	88	116	5,5	5,5	0,002	0,232	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
73 - 78a	sekunder	68	42	5,5	5,5	0,002	0,084	4,70	4,62	4,80	4,72	0,80	0,88	
78a - 79a	sekunder	224	36	5,5	5,5	0,002	0,072	4,47	4,40	4,57	4,50	1,03	1,10	
79 - 79a	tersier	96	116,4	5,5	5,5	0,002	0,233	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
79a - 80a	sekunder	378	42,3	5,5	5,5	0,002	0,085	4,40	4,31	4,50	4,41	1,10	1,19	
80 - 80a	tersier	52	112	5,5	5,5	0,002	0,224	4,31	4,09	4,41	4,19	1,19	1,41	
80a - 77a	sekunder	478	31,5	5,5	5,5	0,002	0,063	4,31	4,25	4,41	4,35	1,19	1,25	
77 - 77a	tersier	84	122,8	5,5	5,5	0,002	0,246	4,70	4,45	4,80	4,55	0,80	1,05	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
77a - 4i	sekunder	642	54	5,5	5,5	0,002	0,108	4,25	4,14	4,35	4,24	1,25	1,36	
4i - 4j	primer	6619	41,8	5,5	5,5	0,001	0,021	0,67	0,65	0,92	0,90	4,83	4,85	
81 - 85	sekunder	46	73,3	5,5	5,5	0,002	0,147	4,70	4,55	4,80	4,65	0,80	0,95	
84 - 85	sekunder	66	35	5,5	5,5	0,002	0,070	4,70	4,63	4,80	4,73	0,80	0,87	
85 - 83	sekunder	222	113,42	5,5	5,5	0,002	0,227	4,55	4,33	4,65	4,43	0,95	1,17	
82 - 83	sekunder	80	35	5,5	5,5	0,002	0,070	4,70	4,63	4,80	4,73	0,80	0,87	
83 - 4j	sekunder	366	80,2	5,5	5,5	0,002	0,160	4,33	4,17	4,43	4,27	1,17	1,33	
4j - 4k	primer	7043	44,5	5,5	5,5	0,001	0,022	0,65	0,63	0,90	0,88	4,85	4,87	
86 - 90	sekunder	67	74,89	5,5	5,5	0,002	0,150	4,70	4,55	4,80	4,65	0,80	0,95	
89 - 90	sekunder	89	39	5,5	5,5	0,002	0,078	4,70	4,62	4,80	4,72	0,80	0,88	
90- 88	sekunder	232	114,5	5,5	5,5	0,002	0,229	4,55	4,32	4,65	4,42	0,95	1,18	
87 - 88	sekunder	43	35,5	5,5	5,5	0,002	0,071	4,70	4,63	4,80	4,73	0,80	0,87	
88 - 4k	sekunder	379	77,5	5,5	5,5	0,002	0,155	4,32	4,17	4,42	4,27	1,18	1,33	
4k - 4l	primer	7480	35,1	5,5	5,5	0,001	0,018	0,63	0,61	0,88	0,86	4,87	4,89	
92 - 93	sekunder	28	114,2	5,5	5,5	0,002	0,228	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
91 - 93	sekunder	80	33,2	5,5	5,5	0,002	0,066	4,70	4,63	4,80	4,73	0,80	0,87	
93 - 4l	sekunder	200	140,5	5,5	5,5	0,002	0,281	4,47	4,19	4,57	4,29	1,03	1,31	
4l - 4m	primer	7728	44,2	5,5	5,5	0,001	0,022	0,61	0,59	0,86	0,84	4,89	4,91	
94 - 96	sekunder	78	116,7	5,5	5,5	0,002	0,233	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
95 - 96	sekunder	72	30	5,5	5,5	0,002	0,060	4,70	4,64	4,80	4,74	0,80	0,86	
96 - 4m	sekunder	230	145,6	5,5	5,5	0,002	0,291	4,47	4,18	4,57	4,28	1,03	1,32	
4m - 4v	primer	8030	55,8	5,5	5,5	0,001	0,028	0,59	0,56	0,84	0,81	4,91	4,94	
4n - 4o	primer	80	75,4	6	5,5	0,007	0,500	5,20	4,70	5,30	4,80	0,80	0,80	
162 - 163	sekunder	64	84,5	5,5	5,5	0,003	0,254	4,70	4,45	4,80	4,55	0,80	1,05	
164 - 163	sekunder	64	88,7	5,5	5,5	0,003	0,266	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
163 - 4o	sekunder	226	184,6	5,5	5,5	0,003	0,554	4,43	3,88	4,53	3,98	1,07	1,62	
152 - 153	sekunder	64	186,3	5,5	5,5	0,003	0,559	4,70	4,14	4,80	4,24	0,80	1,36	
158 - 153	tersier	72	74,5	6	5,5	0,007	0,500	5,20	4,70	5,30	4,80	0,80	0,80	
153 - 154	sekunder	180	32,2	5,5	5,5	0,003	0,097	4,14	4,04	4,24	4,14	1,36	1,46	
159 - 154	tersier	68	88,14	6	5,5	0,006	0,500	5,20	4,70	5,30	4,80	0,80	0,80	
154 - 155	sekunder	312	26,04	5,5	5,5	0,003	0,078	4,04	3,97	4,14	4,07	1,46	1,53	
160 - 155	tersier	68	85,49	6	5,5	0,006	0,500	5,20	4,70	5,30	4,80	0,80	0,80	
155 - 156	sekunder	444	22	5,5	5,5	0,003	0,066	3,97	3,90	4,07	4,00	1,53	1,60	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
161 - 156	tersier	72	78,3	6	5,5	0,003	0,235	5,20	4,97	5,30	5,07	0,80	0,53	
156 - 4o	sekunder	600	189,5	5,5	5,5	0,003	0,569	3,90	3,33	4,00	3,43	1,60	2,17	
4o -4p	primer	982	45,2	5,5	5,5	0,001	0,045	3,33	3,29	3,43	3,39	2,17	2,21	
142 - 4p	sekunder	80	125,4	5,5	5,5	0,002	0,251	4,70	4,45	4,80	4,55	0,80	1,05	
146 - 4p	tersier	60	136,2	5,5	5,5	0,002	0,272	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
4p - 4q	primer	1210	96,7	5,5	5,5	0,002	0,193	3,29	3,09	3,39	3,19	2,21	2,41	
123 - 124	sekunder	42	61	5,5	5,5	0,002	0,122	4,70	4,58	4,80	4,68	0,80	0,92	
133 - 124	tersier	88	142,5	5,5	5,5	0,002	0,285	4,70	4,42	4,80	4,52	0,80	1,09	
124 - 125	sekunder	178	45,2	5,5	5,5	0,002	0,090	4,42	4,32	4,52	4,42	1,09	1,18	
134 - 125	tersier	92	131,5	5,5	5,5	0,002	0,263	4,70	4,44	4,80	4,54	0,80	1,06	
125 - 126	sekunder	314	45,24	5,5	5,5	0,002	0,090	4,32	4,23	4,42	4,33	1,18	1,27	
135 - 126	tersier	88	134	5,5	5,5	0,002	0,268	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
126 - 127	sekunder	450	45,2	5,5	5,5	0,002	0,090	4,23	4,14	4,33	4,24	1,27	1,36	
136 - 127	tersier	92	131,8	5,5	5,5	0,002	0,264	4,70	4,44	4,80	4,54	0,80	1,06	
127 - 128	sekunder	586	46	5,5	5,5	0,002	0,092	4,14	4,05	4,24	4,15	1,36	1,45	
137 - 128	tersier	78	131	5,5	5,5	0,002	0,262	4,70	4,44	4,80	4,54	0,80	1,06	
128 - 129	sekunder	716	48	5,5	5,5	0,002	0,096	4,05	3,96	4,15	4,06	1,45	1,54	
138 - 129	tersier	52	132,6	5,5	5,5	0,002	0,265	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
129 - 130	sekunder	860	75,4	5,5	5,5	0,002	0,151	3,96	3,80	4,06	3,90	1,54	1,70	
139 - 140	tersier	48	61,5	5,5	5,5	0,002	0,123	4,70	4,58	4,80	4,68	0,80	0,92	
141 - 140	tersier	48	35,7	5,5	5,5	0,002	0,071	4,70	4,63	4,80	4,73	0,80	0,87	
140 - 130	tersier	140	35	5,5	5,5	0,002	0,070	4,58	4,51	4,68	4,61	0,92	0,99	
130 -4q	sekunder	1058	63	5,5	5,5	0,002	0,126	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	
165-132a	sekunder	44	32,3	5,5	5,5	0,002	0,065	3,80	3,74	3,90	3,84	1,70	1,76	
151 - 132a	tersier	88	115	5,5	5,5	0,002	0,230	4,70	4,47	4,80	4,57	0,80	1,03	
132a - 131a	sekunder	188	51,7	5,5	5,5	0,002	0,103	3,74	3,64	3,84	3,74	1,76	1,86	
150 - 131a	tersier	100	120,7	5,5	5,5	0,002	0,241	4,70	4,46	4,80	4,56	0,80	1,04	
131a - 130a	sekunder	340	38,3	5,5	5,5	0,002	0,077	3,64	3,56	3,74	3,66	1,86	1,94	
148 - 147	tersier	76	67,2	5,5	5,5	0,002	0,134	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	
145 - 147	tersier	84	83,4	5,5	5,5	0,002	0,167	4,70	4,53	4,80	4,63	0,80	0,97	
147 - 130a	tersier	224	33	5,5	5,5	0,002	0,066	4,53	4,47	4,63	4,57	0,97	1,03	
130a - 129a	sekunder	644	79,2	5,5	5,5	0,002	0,158	4,47	4,31	4,57	4,41	1,03	1,19	
127a - 129a	tersier	72	82	5,5	5,5	0,002	0,164	3,56	3,40	3,66	3,50	1,94	2,10	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
129a - 4q	sekunder	808	46	5,5	5,5	0,002	0,092	3,40	3,30	3,50	3,40	2,10	2,20	
4q - 4r	primer	3156	155,2	5,5	5,5	0,002	0,310	3,09	2,78	3,24	2,93	2,41	2,72	
108 - 108a	sekunder	112	134,5	5,5	5,5	0,002	0,269	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
108a - 109a	sekunder	152	47,5	5,5	5,5	0,002	0,095	4,70	4,61	4,80	4,71	0,80	0,90	
109 - 109a	sekunder	108	133,7	5,5	5,5	0,002	0,267	4,43	4,16	4,53	4,26	1,07	1,34	
109a - 110a	sekunder	316	48,9	5,5	5,5	0,002	0,098	4,70	4,60	4,80	4,70	0,80	0,90	
110 - 110a	sekunder	86	132	5,5	5,5	0,002	0,264	4,70	4,44	4,80	4,54	0,80	1,06	
110a - 111a	sekunder	442	50	5,5	5,5	0,002	0,100	4,44	4,34	4,54	4,44	1,06	1,16	
111 - 111a	sekunder	116	134,5	5,5	5,5	0,002	0,269	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
111a - 112a	sekunder	602	49	5,5	5,5	0,002	0,098	4,34	4,24	4,44	4,34	1,16	1,26	
112 - 112a	sekunder	98	134	5,5	5,5	0,002	0,268	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
112a - 113a	sekunder	764	50	5,5	5,5	0,002	0,100	4,24	4,14	4,34	4,24	1,26	1,36	
113 - 113a	sekunder	98	134	5,5	5,5	0,002	0,268	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
113a - 114a	sekunder	910	50	5,5	5,5	0,002	0,100	4,14	4,04	4,24	4,14	1,36	1,46	
114 - 114a	sekunder	104	134	5,5	5,5	0,002	0,268	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
114a - 115a	sekunder	1058	50	5,5	5,5	0,002	0,100	4,04	3,94	4,14	4,04	1,46	1,56	
115 - 115a	sekunder	100	134	5,5	5,5	0,002	0,268	4,70	4,43	4,80	4,53	0,80	1,07	
115a - 4r	sekunder	1198	52	5,5	5,5	0,002	0,104	3,94	3,83	4,04	3,93	1,56	1,67	
122 - 122a	sekunder	68	277	5,5	5,5	0,002	0,554	4,70	4,15	4,80	4,25	0,80	1,35	
122a - 121a	sekunder	170	48,7	5,5	5,5	0,002	0,097	4,15	4,05	4,25	4,15	1,35	1,45	
121 - 121a	sekunder	44	123,2	5,5	5,5	0,002	0,246	4,70	4,45	4,80	4,55	0,80	1,05	
121a - 120a	sekunder	254	47,23	5,5	5,5	0,002	0,094	4,05	3,95	4,15	4,05	1,45	1,55	
120 - 120a	sekunder	76	120	5,5	5,5	0,002	0,240	4,70	4,46	4,80	4,56	0,80	1,04	
120a - 119a	sekunder	366	53	5,5	5,5	0,002	0,106	3,95	3,85	4,05	3,95	1,55	1,65	
119 - 119a	sekunder	80	125	5,5	5,5	0,002	0,250	4,70	4,45	4,80	4,55	0,80	1,05	
119a - 118a	sekunder	478	52	5,5	5,5	0,002	0,104	3,85	3,74	3,95	3,84	1,65	1,76	
118 - 118a	sekunder	84	123	5,5	5,5	0,002	0,246	4,70	4,45	4,80	4,55	0,80	1,05	
118a - 117a	sekunder	590	50	5,5	5,5	0,002	0,100	3,74	3,64	3,84	3,74	1,76	1,86	
117 - 117a	sekunder	80	123	5,5	5,5	0,002	0,246	4,70	4,45	4,80	4,55	0,80	1,05	
117a - 4r	sekunder	702	55	5,5	5,5	0,002	0,110	3,64	3,53	3,74	3,63	1,86	1,97	
4r - 4s	primer	5056	23	5,5	5,5	0,001	0,023	2,78	2,76	2,98	2,96	2,72	2,74	
104a - 103a	sekunder	36	82	5,5	5,5	0,003	0,246	4,70	4,45	4,80	4,55	0,80	1,05	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (m)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
104 - 101	sekunder	52	115,7	5,5	5,5	0,003	0,347	4,70	4,35	4,80	4,45	0,80	1,15	
103 - 101	sekunder	68	138	5,5	5,5	0,003	0,414	4,70	4,29	4,80	4,39	0,80	1,21	
101 - 103a	sekunder	192	48	5,5	5,5	0,003	0,144	4,29	4,14	4,39	4,24	1,21	1,36	
103a - 107a	sekunder	256	42	5,5	5,5	0,003	0,126	4,14	4,02	4,24	4,12	1,36	1,48	
107 - 107a	sekunder	64	132	5,5	5,5	0,003	0,396	4,70	4,30	4,80	4,40	0,80	1,20	
107a - 106a	sekunder	356	45	5,5	5,5	0,003	0,135	4,02	3,88	4,12	3,98	1,48	1,62	
106 - 106a	sekunder	60	122,5	5,5	5,5	0,003	0,368	4,70	4,33	4,80	4,43	0,80	1,17	
106a - 105a	sekunder	452	44,2	5,5	5,5	0,003	0,133	3,88	3,75	3,98	3,85	1,62	1,75	
105 - 105a	sekunder	68	123	5,5	5,5	0,003	0,369	4,70	4,33	4,80	4,43	0,80	1,17	
105a - 4s	sekunder	548	45	5,5	5,5	0,003	0,135	3,75	3,61	3,85	3,71	1,75	1,89	
69 - 4s	sekunder	320	445	5,5	5,5	0,003	1,335	4,70	3,37	4,80	3,47	0,80	2,14	
4s - 4t	primer	6008	130	5,5	5,5	0,001	0,130	2,76	2,63	2,96	2,83	2,74	2,87	
97 - 4t	sekunder	64	47	5,5	5,5	0,003	0,141	4,70	4,56	4,80	4,66	0,80	0,94	
102 - 4t	sekunder	118	137,4	5,5	5,5	0,003	0,412	4,70	4,29	4,80	4,39	0,80	1,21	
4t - 4u	primer	6250	53,5	5,5	5,5	0,001	0,054	2,63	2,58	2,83	2,78	2,87	2,92	
100 - 4u	sekunder	112	183	5,5	5,5	0,003	0,549	4,70	4,15	4,80	4,25	0,80	1,35	
4u- 4v	primer	6422	70,3	5,5	5,5	0,002	0,105	2,58	2,47	2,78	2,67	2,92	3,03	
4v - 4w	primer	14452	20	5,5	5,5	0,003	0,060	0,56	0,50	0,81	0,75	4,94	5,00	
4w - IPA	primer	15697	10	5,5	5,5	0,003	0,025	0,50	0,47	0,75	0,72	5,00	5,03	pompa

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 15 Perhitungan Penanaman Cluster 5

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (mdpl)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
1 - 3	sekunder	114,00	123,56	5,5	5,5	0,003	0,371	4,70	4,33	4,80	4,43	0,80	1,17	
2 - 3	sekunder	54,00	43	5,5	5,5	0,003	0,129	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	
3 - 5a	sekunder	266,00	112,27	5,5	5,5	0,003	0,337	4,33	3,99	4,43	4,09	1,17	1,51	
5a -5b	primer	330,00	47,6	5,5	5,5	0,003	0,143	3,99	3,85	4,09	3,95	1,51	1,65	
4 - 6	sekunder	108,00	113	5,5	5,5	0,003	0,339	4,70	4,36	4,80	4,46	0,80	1,14	
5 - 6	sekunder	38,00	41	5,5	5,5	0,003	0,123	4,70	4,58	4,80	4,68	0,80	0,92	
6 - 5b	sekunder	224,00	119,6	5,5	5,5	0,003	0,359	4,36	4,00	4,46	4,10	1,14	1,50	
5b- 5c	primer	616,00	45	5,5	5,5	0,003	0,135	3,85	3,71	3,95	3,81	1,65	1,79	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (mdpl)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
7 - 9	sekunder	88,00	114,2	5,5	5,5	0,003	0,343	4,70	4,36	4,80	4,46	0,80	1,14	
8 - 9	sekunder	56,00	44,56	5,5	5,5	0,003	0,134	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	
9 - 5c	sekunder	256,00	114,07	5,5	5,5	0,003	0,342	4,36	4,02	4,46	4,12	1,14	1,48	
5c - 5d	primer	940,00	46,3	5,5	5,5	0,004	0,185	3,71	3,53	3,81	3,63	1,79	1,97	
10 - 12	sekunder	118,00	113,09	5,5	5,5	0,003	0,339	4,70	4,36	4,80	4,46	0,80	1,14	
11 - 12	sekunder	68,00	41	5,5	5,5	0,003	0,123	4,70	4,58	4,80	4,68	0,80	0,92	
12 - 5d	sekunder	294,00	109	5,5	5,5	0,003	0,327	4,36	4,03	4,46	4,13	1,14	1,47	
5d - 5e	primer	1312,00	55,45	5,5	5,5	0,003	0,166	3,53	3,36	3,63	3,46	1,97	2,14	
13 - 15	sekunder	84,00	101,48	5,5	5,5	0,003	0,304	4,70	4,40	4,80	4,50	0,80	1,10	
14 - 15	sekunder	48,00	51	5,5	5,5	0,003	0,153	4,70	4,55	4,80	4,65	0,80	0,95	
15 - 5e	sekunder	224,00	113,99	5,5	5,5	0,003	0,342	4,40	4,05	4,50	4,15	1,10	1,45	
5e - 5f	primer	1616,00	54	5,5	5,5	0,004	0,216	3,36	3,15	3,46	3,25	2,14	2,35	
16 - 5f	sekunder	136,00	219	5,5	5,5	0,003	0,657	4,70	4,04	4,80	4,14	0,80	1,46	
17 - 18	sekunder	212,00	216,4	5,5	5,5	0,003	0,649	4,70	4,05	4,80	4,15	0,80	1,45	
18 - 5f	sekunder	310,00	74,78	5,5	5,5	0,003	0,224	4,04	3,82	4,14	3,92	1,46	1,68	
5f - 5g	primer	2164,00	207,93	5,5	5,5	0,005	1,040	3,15	2,11	3,30	2,26	2,35	3,39	
5g - 5h	primer	2252,00	45	5,5	5,5	0,005	0,225	2,11	1,88	2,26	2,03	3,39	3,62	
24 - 26	sekunder	90,00	105,44	5,5	5,5	0,003	0,316	4,70	4,38	4,80	4,48	0,80	1,12	
25 - 26	sekunder	56,00	43,86	5,5	5,5	0,003	0,132	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	
26 - 5h	sekunder	256,00	98,52	5,5	5,5	0,003	0,296	4,38	4,09	4,48	4,19	1,12	1,41	
5h - 5i	primer	2566,00	42	5,5	5,5	0,004	0,168	1,88	1,71	2,03	1,86	3,62	3,79	
27 - 29	sekunder	98,00	94,16	5,5	5,5	0,003	0,282	4,70	4,42	4,80	4,52	0,80	1,08	
28 - 29	sekunder	56,00	43,09	5,5	5,5	0,003	0,129	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	
29 - 5i	sekunder	268,00	111,5	5,5	5,5	0,003	0,335	4,05	3,72	4,15	3,82	1,45	1,78	
5i - 5j	primer	2904,00	42,7	5,5	5,5	0,003	0,128	1,71	1,59	1,86	1,74	3,79	3,91	
30 - 33	sekunder	76,00	94,03	5,5	5,5	0,003	0,282	4,70	4,42	4,80	4,52	0,80	1,08	
31 - 33	sekunder	56,00	37,84	5,5	5,5	0,003	0,114	4,70	4,59	4,80	4,69	0,80	0,91	
33 - 5j	sekunder	222,00	105,31	5,5	5,5	0,003	0,316	4,42	4,10	4,52	4,20	1,08	1,40	
5j - 5k	primer	3202,00	47,09	5,5	5,5	0,003	0,141	1,59	1,45	1,74	1,60	3,91	4,05	
34 - 36	sekunder	98,00	106,14	5,5	5,5	0,003	0,318	4,70	4,38	4,80	4,48	0,80	1,12	
35 - 36	sekunder	30,00	40,19	5,5	5,5	0,003	0,121	4,70	4,58	4,80	4,68	0,80	0,92	
36 - 5k	sekunder	224,00	95,22	5,5	5,5	0,003	0,286	4,38	4,10	4,48	4,20	1,12	1,40	
37 - 39	sekunder	98,00	106	5,5	5,5	0,003	0,318	4,70	4,38	4,80	4,48	0,80	1,12	

Jalur pipa	Jenis pipa	Penduduk Terlayani	Panjang jalur (m)	Elevasi tanah (mdpl)		Slope rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan
				Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
38 - 39	sekunder	28,00	36,62	5,5	5,5	0,003	0,110	4,70	4,59	4,80	4,69	0,80	0,91	
39 - 41	sekunder	246,00	100,28	5,5	5,5	0,003	0,301	4,38	4,08	4,48	4,18	1,12	1,42	
40 - 41	sekunder	124,00	30	5,5	5,5	0,003	0,090	4,70	4,61	4,80	4,71	0,80	0,89	
41 - 5k	sekunder	458,00	44,63	5,5	5,5	0,003	0,134	4,08	3,95	4,18	4,05	1,42	1,55	
5k - 5l	primer	4000,00	145	5,5	5,5	0,003	0,435	1,45	1,01	1,60	1,16	4,05	4,49	
19 - 20	sekunder	324,00	414,28	5,5	5,5	0,003	1,243	4,70	3,46	4,80	3,56	0,80	2,04	
20 - 22	sekunder	420,00	77,21	5,5	5,5	0,003	0,232	3,46	3,23	3,56	3,33	2,04	2,27	
21 - 22	sekunder	120,00	195	5,5	5,5	0,003	0,585	4,70	4,12	4,80	4,22	0,80	1,39	
22 - 23	sekunder	676,00	180,17	5,5	5,5	0,003	0,541	3,23	2,69	3,33	2,79	2,27	2,81	
23-5m	sekunder	704,00	15	5,5	5,5	0,003	0,045	2,69	2,64	2,79	2,74	2,81	2,86	
43-44	sekunder	92,00	43,5	5,5	5,5	0,003	0,131	4,70	4,57	4,80	4,67	0,80	0,93	
42-44	sekunder	108,00	140,12	5,5	5,5	0,003	0,420	4,70	4,28	4,80	4,38	0,80	1,22	
44-46	sekunder	244,00	48,13	5,5	5,5	0,003	0,144	4,28	4,14	4,38	4,24	1,22	1,36	
45-46	sekunder	114,00	140,5	5,5	5,5	0,003	0,422	4,70	4,28	4,80	4,38	0,80	1,22	
46-48	sekunder	410,00	29,71	5,5	5,5	0,003	0,089	4,14	4,05	4,24	4,15	1,36	1,45	
47-48	sekunder	124,00	147	5,5	5,5	0,003	0,441	4,70	4,26	4,80	4,36	0,80	1,24	
48 - 5l	sekunder	594,00	46,8	5,5	5,5	0,003	0,140	4,05	3,91	4,15	4,01	1,45	1,59	
5l -5m	primer	4612,00	15,92	5,5	5,5	0,003	0,048	1,01	0,96	1,16	1,11	4,49	4,54	
5m - IPAL	primer	5332,00	10	5,5	5,5	0,003	0,030	0,96	0,93	1,11	1,08	4,54	4,57	pompa

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 1 Perhitungan Kebutuhan Manhole Cluster 1

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
1a - 1b	167,68	1				1	2
5 - 1	113,6	1				1	2
1 - 2	45		1	1			2
6 - 2	114,98	1				1	2
2 - 3	46,51			1			1
7 - 3	115	1				1	2
3 - 4	53,37			1			1
8 - 4	136,6	1				1	2
4 - 1b	151,69			1			1
9 - 1b	142,19	2					2
1b - 1c	17,2				1		1
10 - 12	170	2					2
11 - 12	86,27	1				1	2
12 - 14	66,3			1			1
13- 14	119	2					2
14 - 18	42,46			1			1
15 - 18	123,66	2					2
18 - 19	63,29			1			1
20 - 19	122,65	2					2
19 - 21	15			1			1
17 - 21	125	2					2
21 - 1c	221,5	2		1			3
1c - 1d	111,08	1		1			2
40 - 41	125,72	1	1				2
42 - 41	46,52	1					1
39 - 38	109,5	2					2
41 - 38	80			1			1
38 - 37	157,67	1		1			2
35 - 36	156,3	2					2
34 - 36	59,53	1					1

Jalur pipa	L (m)	Manhole				Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop
36 - 37	45,16			1		1
37 - 1d	75,8			1		1
1d - 1e	70,6			1		1
22 - 29	130,5	2				2
29 - 30	45		1			1
23 - 30	125,7	2				2
30 - 31	49,5			1		1
24 - 31	128,65	2				2
31 - 32	51,21			1		1
25 - 32	129,7	2				2
32 - 33	111	1		1		2
27 - 28	91,34	1				1
26 - 28	77,07	1				1
28 - 33	67,2			1		1
33 - 1e	75,77			1		1
1e - 1f	77			1		1
43 - 45	72,7	1				1
44 - 45	64	1				1
45 - 46	48,62			1		1
47 - 46	64,22	1				1
46 - 51	43			1		1
50 - 51	108,19	2				2
51 - 52	63,05			1		1
75 - 52	94,5	1				1
52 - 54	45,67			1		1
53 - 54	64,6	1				1
54 - 58	44,5			1		1
55 - 56	40,44	1				1
48 - 56	93,33	1				1
56 - 57	21			1		1
49 - 57	85	1				1
57 - 58	67,43			1		1

Jalur pipa	L (m)	Manhole				Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop
58 - 60	52,6			1		1
59 - 60	134,82	2				2
60 - 1f	77,66			1		1
1f - 1g	63,82			1		1
16 - 1ba	868,95	10				10
1ba - 1bb	80,4		1			1
72 - 69	105,7	2				2
68 - 69	45,72	1				1
69 - 70	57,46			1		1
73 - 70	92,18	1				1
70 - 71	54,8			1		1
74 - 71	83,37	1				1
71 - 1bb	60,54			1		1
1bb - 1bc	54,2			1		1
67 - 1 bc	203,59	3				3
1bc - 1bd	40,12			1		1
66 - 1bd	204	3				3
1bd - 1g	70,42			1		1
76 - 1 aa	115,19	2				2
1aa - 1ab	46,94		1			1
61 - 1 ab	127	2				2
1ab - 1ac	52,76			1		1
62 - 1ac	131,97	2				2
1 ac - 1h	184,67			1		1
1g - 1h	80,71			1		1
1h - 1i	56,11			1		1
65 - 1i	173,54	1	1			2
1i - 1j	51,81			1		1
63 - 1k	175	1	1			2
64 - 1k	76,81	1				1
1k - 1j	17,8			1		1
1j - IPAL	5			1		1

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
	82	7	44	1	6	140	

Sumber; Hasil Perhitungan

Tabel 2 Perhitungan Kebutuhan Manhole Cluster 2

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
2a -2b	76,5	1					1
1 - 2b	204,52	3					3
2 - 2b	232,94	3					3
2b - 2c	76				1		1
7 - 6	257,43	3					3
5 - 6	33,43	1					1
6 - 2c	144,47			1			1
4 - 2c	416,67	5					5
2c - 2d	101,65				1		1
8 - 9	83,27	1					1
9a - 9	45,88	1					1
9 - 2d	107,2			1			1
14 - 13	142,2	2					2
12 - 13	22	1					1
13 - 11	102,17			1			1
10 - 11	22	1					1
11 - 2d	144			1			1
2d - 2e	127,64				1		1
16 - 18	72,7	1					1
17 - 18	45,4	1					1
18 - 2e	120,35	1		1			2
19 - 2e	139,8	2					2
2e - 2f	280	2			1		3

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
35 - 33	445,46	5					5
33 - 2h	200	1	1				2
34 - 2h	410	5					5
2h - 2g	55,34			1			1
25 - 27	73,6	1					1
26 - 27	50	1					1
27 - 2g	121			1			1
28 - 29	147,5	2					2
31 - 29	25	1					1
29 - 30	103,46			1			1
32 - 30	30	1					1
30 - 2g	157,2			1			1
2g - 2f	51,85				1		1
22 - 24	79,66	1					1
23 - 24	39,06	1					1
24 - 2f	120			1			1
2f - 2m	153,31				1		1
15 - 2i	160	3					3
2i - 2j	50		1				1
21 - 2j	73,5	1					1
2j - 2k	46,49			1			1
20 - 2k	74,83	1					1
2k-2l	54,36			1			1
29- 2l	42,15	1					1
2l - 2m	109,02	1		1			2
30 - 2m	44,5	1					1
2m - 2n	5			1			1
36 - 2n	70						0
2n - IPAL	5			1			1

Sumber; Hasil Perhitungan

Tabel 3 Perhitungan Kebutuhan Manhole Cluster 3

Jalur	L (m)	Manhole				Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop manhole
Pelayanan 1						
18 - 3k	184,5	2				2
181 - 3l	171,43	2				2
3k - 3l	56,71		1			1
3l - IPAL 1	3			1		1
Pelayanan 2						
17 - 3j	147	2				2
16 - 3i	128	2				2
3i - 3j	50,53		1			1
3j - IPAL 2	4			1		1
pelayanan 3						
14 - 3g	115	2				2
15 - 3h	110,75	2				2
3g - 3h	50		1			1
3h - IPAL 3	3			1		1
pelayanan 4						
13 - 3f	110	2				2
12 - 3f	113	2				2
3e - 3f	53,2		1			1
3f - IPAL 4	4			1		1
pelayanan 5						
9 - 3d	114,5	2				2
6 - 3c	113	2				2
3c - 3d	54		1			1
3d - IPAL 5	4			1		1
pelayanan 6						
3 - 3b	132	2				2
3a -3b	125,5	2				2
1 - 4	110	2				2
2 - 5	105	2				2

6 - 5	56,71	1		1
5 - 4	3		1	1
4 - 3c	52	1		1
3b - 3c	45		1	1
3c - IPAL 6	5		1	1
pelayanan 7				0
13 - 3f	116,8	2		2
12 - 3f	117	2		2
3e - 3f	52		1	1
3f - IPAL 7	3		1	1
pelayanan 8				0
38 - 39	79	2		2
39 -37	109,6		1	1
36 - 37	95,3		1	1
37 - 3o	120,4		1	1
35 -3p	35,7			0
3p - 3o	55			0
3o - IPAL 8	54			0
pelayanan 9				0
34 - 3q	184,5	2		2
33 - 3r	171,43	2		2
3r- 3q	56,71		1	1
3q - IPAL9	3		1	1
pelayanan 10				0
32 - 3s	184,5	2		2
31 - 3t	171,43	2		2
3t - 3s	32		1	1
3s - IPAL 10	3		1	1
pelayanan 11				0
3w - 3v	184,5	2		2
30 - 3u	184,5	2		2
29 - 3v	171,43	2		2
3V - 3u	34		1	1
3u - IPAL 11	35		1	1
pelayanan 12				0
99 77	87	1		1

76 - 77	45	1		1
77 - 3x	76,3		1	1
95 - 3y	153	2		2
3y- 3x	64		1	1
3x - IPAL 12	5	1		1
				0
pelayanan 13				0
72 - 75	134	2		2
75 - 3aa	44,8	1		1
68 - 3ab	56,71		1	1
3ab - 3aa	62,3	1		1
3aa - IPAL 13	12	1		1
pelayanan 14				0
67 - 3ac	165	2		2
66 - 3ad	178	2		2
3ad - 3ac	44		1	1
3ac -IPAL 14	65		1	1
pelayanan 15				0
65 - 3ae	134	2		2
64 -3af	44,8	1		1
3af - 3ae	56,71		1	1
3ae -IPAL 15	62,3		1	1
pelayanan 16				0
62 - 3ag	113,6	2		2
57 - 3ah	105,7	2		2
3ah - 3 ag	48,6		1	1
3ag - IPAL 16	4		1	1
pelayanan 17				0
56 - 3al	102	2		2
3aj - 3ai	112	2		2
3ai - IPAL 17	5		1	1
pelayanan 18				0
96 - IPAL 18	593	7		7
pelayanan 19				0
94 - 3ak	107	2		2
93 - 3al	110	2		2

3al - 3ak	48		1	
3ak -IPAL 19	5		1	1
pelayanan 20				0
92 - 3am	105,6	2		2
91- 3an	104,7	2		2
3an - 3am	32		1	
3am -IPAL 20	3		1	1
pelayanan 21				0
92 - 3am	105,6	2		2
91- 3an	104,7	2		2
3an - 3am	32		1	
3am -IPAL 21	3		1	1
pelayanan 22				0
90 - 84	105	2		2
84 - IPAL 22	54		1	1
pelayanan 23				0
81 -61	114,7	2		2
80 - 60	111,8	2		2
60 - 61	56		1	
61 - IPAL 23	4		1	1
pelayanan 24				0
79 -59	114,7	2		2
78 - 58	111,8	2		2
58- 59	56		1	
59 - IPAL 24	4		1	1
pelayanan 25	12			0
101 - 102	85	1		1
102 - 104	45		1	1
103 - 104	87,4	1		1
104 - 106	46,3		1	1
105 - 106	83,4	1		1
106 - 108	42		1	1
107 - 108	80,5	1		1
108 - 110	41		1	1
109 - 110	81,1	1		1
110 - IPAL 25	106	1	1	2

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4 Perhitungan Kebutuhan Manhole Cluster 4

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
4a - 4b	224	3					3
8 - 2	57,24	2					2
1 - 2	79,71	2					2
2- 3	43,26	1					1
9 - 3	75,32	1					1
3 - 4	47,21			1			1
10 - 4	79,19	1					1
4 - 5	35,67			1			1
11 - 5	86,4	1					1
5 - 6	36,8			1			1
12 - 6	90,45						0
6 - 7	45,5			1			1
13 - 7	92,77	1					1
7 - 25	118,54			1			1
19 - 20	67,17	1					1
14 - 20	106,78						0
20 - 21	53,45			1			1
15 - 21	112,91	2					2
21 - 22	37,91			1			1
16 - 22	112,73	2					2
22 - 23	45,14			1			1
17 - 23	115,23	2					2
23 - 24	37			1			1
18 -24	114,93	2					2
24 - 25	41,06			1			1
25 - 4b	51,88			1			1
4b - 4c	217,11	2		1			3
31- 32	69,23	1					1

Jalur pipa	L (m)	Manhole				Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop
26 - 32	100,96	2				2
32 - 33	38,65			1		1
27 - 33	95,04	1				1
33 - 34	61,22			1		1
28 - 34	86,14	1				1
34 - 35	57,58			1		1
29 - 35	87,32	1				1
35 - 36	35,77			1		1
30 - 36	90,23	1				1
36 - 55	116,87	1		1		2
47 - 48	76,37	1				1
56 - 48	112,42	2				2
48 - 49	18			1		1
37 - 49	108,74	2				2
49 - 50	50,74			1		1
57 - 50	108,62	2				2
50 - 51	14			1		1
42 - 43	35	1				1
38 - 43	44,5	1				1
43 - 44	23,25			1		1
39 - 44	53,5	1				1
44 - 45	27,5			1		1
40 - 45	52,22	1				1
45 - 52	47,18			1		1
46 - 51	38,78	1				1
51 - 52	25			1		1
52 - 53	16,21			1		1
58a - 59	61,58	1				1
58 - 59	114	1				1
59 - 61	55			1		1
60 - 61	119,5	2				2
61 - 62	47,36			1		1
63 - 62	120,39	2				2
62 - 53	105,81	1		1		2

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
53 - 54	40,7	1					1
66 - 54	113	2					2
41 - 54	104,5	2					2
54 - 55	43				1		1
64 - 65	72,65	1					1
65 - 55	126,23	2					2
55 - 4c	56,44			1			1
55a - 4c	222,9	1					1
4c - 4d	15				1		1
4d - 4e	424,5	4	1				5
4e - 4f	70,7		1				1
74 - 4f	141,28	2					2
4f - 4g	43			1			1
75 - 4g	132,5	2					2
4g - 4h	40,5			1			1
76 - 4h	134,4	2					2
4h - 4i	42,3			1			1
78 - 78a	116	2					2
73 - 78a	42	1					1
78a - 79a	36			1			1
79 - 79a	116,4	2					2
79a - 80a	42,3			1			1
80 - 80a	112	2					2
80a - 77a	31,5			1			1
77 - 77a	122,8	2					2
77a - 4i	54			1			1
4i - 4j	41,8			1			1
81 - 85	73,3	1					1
84 - 85	35	1					1
85 - 83	113,42	1		1			2
82 - 83	35			1			1
83 - 4j	80,2			1			1
4j - 4k	44,5			1			1
86 - 90	74,89	1					1

Jalur pipa	L (m)	Manhole				Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	
89 - 90	39	1				1
90 - 88	114,5	1		1		2
87 - 88	35,5	1				1
88 - 4k	77,5			1		1
4k - 4l	35,1			1		1
92 - 93	114,2	2				2
91 - 93	33,2	1				1
93 - 4l	140,5			1		1
4l - 4m	44,2			1		1
94 - 96	116,7	2				2
95 - 96	30	1				1
96 - 4m	145,6	1		1		2
4m - 4v	55,8			1		1
4n - 4o	75,4	1				1
162 - 163	84,5	1				1
164 - 163	88,7	1				1
163 - 4o	184,6	1		1		2
152 - 153	186,3	2				2
158 - 153	74,5	1				1
153 - 154	32,2			1		1
159 - 154	88,14	1				1
154 - 155	26,04			1		1
160 - 155	85,49	1				1
155 - 156	22			1		1
161 - 156	78,3	1				1
156 - 4o	189,5			1		1
4o - 4p	45,2				1	1
142 - 4p	125,4	2				2
146 - 4p	136,2	2				2
4p - 4q	96,7				1	1
123 - 124	61	1				1
133 - 124	142,5	2				2
124 - 125	45,2			1		1
134 - 125	131,5	2				2

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
125 - 126	45,24			1			1
135 - 126	134	2					2
126 - 127	45,2			1			1
136 - 127	131,8	2					2
127 - 128	46			1			1
137 - 128	131	2					2
128 - 129	48			1			1
138 - 129	132,6	2					2
129 - 130	75,4			1			1
139 - 140	61,5	1					1
141 - 140	35,7	1					1
140 - 130	35			1			1
130 -4q	63			1			1
165-132a	32,3	1					1
151 - 132a	115	2					2
132a - 131a	51,7	1					1
150 - 131a	120,7	2					2
131a - 130a	38,3			1			1
148 - 147	67,2	1					1
145 - 147	83,4	1					1
147 - 130a	33			1			1
130a - 129a	79,2			1			1
127a - 129a	82	1					1
129a - 4q	46			1			1
4q - 4r	155,2				1		1
108 - 108a	134,5	2					2
108a - 109a	47,5		1				1
109 - 109a	133,7	2					2
109a - 110a	48,9			1			1
110 - 110a	132	2					2
110a - 111a	50			1			1
111 - 111a	134,5	2					2
111a - 112a	49			1			1
112 - 112a	134	2					2

Jalur pipa	L (m)	Manhole				Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	
112a - 113a	50			1		1
113 - 113a	134	2				2
113a - 114a	50			1		1
114 - 114a	134	2				2
114a - 115a	50			1		1
115 - 115a	134	2				2
115a - 4r	52			1		1
122 - 122a	277	2				2
122a - 121a	48,7			1		1
121 - 121a	123,2	2				2
121a - 120a	47,23			1		1
120 - 120a	120	2				2
120a - 119a	53			1		1
119 - 119a	125	2				2
119a - 118a	52			1		1
118 - 118a	123	2				2
118a - 117a	50			1		1
117 - 117a	123	2				2
117a - 4r	55			1		1
4r - 4s	23				1	1
104a - 103a	82	1				1
104 - 101	115,7	2				2
103 - 101	138	2				2
101 - 103a	48			1		1
103a - 107a	42			1		1
107 - 107a	132	2				2
107a - 106a	45			1		1
106 - 106a	122,5	2				2
106a - 105a	44,2			1		1
105 - 105a	123	2				2
105a - 4s	45			1		1
69 - 4s	445	5				5
4s - 4t	130	1		1		2
97 - 4t	47	1				1

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
102 - 4t	137,4	2					2
4t - 4u	53,5				1		1
100 - 4u	183	2					2
4u - 4v	70,3			1			1
4v - 4w	20			1			1
4w - IPA	10			1			1

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5 Perhitungan Kebutuhan Manhole Cluster 5

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
1 - 3	123,56	2					2
2 - 3	43	1					1
3 - 5a	112,27	1		1			2
5a - 5b	47,6	1		1			2
4 - 6	113	2					2
5 - 6	41	1					1
6 - 5b	119,6	1		1			2
5b - 5c	45			1			1
7 - 9	114,2	2					2
8 - 9	44,56	1					1
9 - 5c	114,07	1		1			2
5c - 5d	46,3			1			1
10 - 12	113,09	2					2
11 - 12	41	1					1
12 - 5d	109	1		1			2
5d - 5e	55,45			1			1
13 - 15	101,48	2					2
14 - 15	51	1					1
15 - 5e	113,99	1		1			2

Jalur pipa	L (m)	Manhole				Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	
5e - 5f	54					0
16 - 5f	219	3				3
17 - 18	216,4	3				3
18 - 5f	74,78		1			1
5f - 5g	207,93				1	1
5g - 5h	45		1			1
24 - 26	105,44	2				2
25 - 26	43,86	1				1
26 - 5h	98,52			1		1
5h - 5i	42			1		1
27 - 29	94,16	1				1
28 - 29	43,09	1				1
29 - 5i	111,5	1		1		2
5i - 5j	42,7			1		1
30 - 33	94,03	1				1
31 - 33	37,84	1				1
33 - 5j	105,31	1		1		2
5j - 5k	47,09			1		1
34 - 36	106,14	2				2
35 - 36	40,19	1				1
36 - 5k	95,22			1		1
37 - 39	106	2				2
38 - 39	36,62	1				1
39 - 41	100,28	1		1		2
40 - 41	30	1				1
41 - 5k	44,63			1		1
5k - 5l	145	1			1	2
19 - 20	414,28	5				5
20 - 22	77,21		1			1
21 - 22	195	2				2
22 - 23	180,17	1		1		2
23 - 5m	15		1			1

Jalur pipa	L (m)	Manhole					Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	Drop	
43 - 44	43,5	1					1
42 - 44	140,12	2					2
44 - 46	48,13			1			1
45 - 46	140,5	2					2
46 - 48	29,71			1			1
47 - 48	147	2					2
48 - 5l	46,8			1			1
5l - 5m	15,92			1			1
5m - IPAL	10			1			1

Sumber; Hasil Perhitungan

Tabel 1 Perhitungan BOQ Galian Cluster 1

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			awal	akhir	awal	akhir	m			m2	I	II						
1a - 1b	167,68	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	167,68	100,61	111,51	0,00	111,51	1,32	45,63	64,56	46,95	3,02
5 - 1	113,6	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	113,60	68,16	75,55	0,00	75,55	0,89	30,92	43,74	31,81	2,04
1 - 2	45	0,10	0,80	0,93	0,95	1,09	0,60	0,14	45,01	27,00	29,93	2,13	32,06	0,35	12,25	19,46	12,60	0,81
6 - 2	114,98	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	114,98	68,99	76,46	0,00	76,46	0,90	31,29	44,27	32,20	2,07
2 - 3	46,51	0,10	0,93	1,07	1,09	1,22	0,60	0,14	46,52	27,91	35,33	2,27	37,61	0,37	12,66	24,58	13,03	0,84
7 - 3	115	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	115,00	69,00	76,48	0,00	76,48	0,90	31,30	44,28	32,20	2,07
3 - 4	53,37	0,10	1,07	1,23	1,22	1,38	0,60	0,16	53,38	32,02	45,76	2,99	48,75	0,42	14,53	33,80	14,95	0,96
8 - 4	136,6	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	136,60	81,96	90,84	0,00	90,84	1,07	37,18	52,59	38,25	2,46
4 - 1b	151,69	0,10	1,23	1,69	1,38	1,84	0,60	0,46	151,70	91,01	147,03	24,16	171,19	1,19	41,28	128,72	42,47	2,73
9 - 1b	142,19	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,60	0,07	142,19	85,31	94,56	3,54	98,10	1,12	38,70	58,28	39,81	2,56
1b - 1c	17,2	0,10	1,69	1,69	1,84	1,84	0,60	0,00	17,30	10,32	22,28	0,00	22,28	0,14	4,71	17,43	4,84	0,31
10 - 12	170	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	170,00	102,00	113,05	0,00	113,05	1,33	46,27	65,45	47,60	3,06
11 - 12	86,27	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	86,28	51,76	57,37	0,00	57,37	0,68	23,48	33,22	24,16	1,55
12 - 14	66,3	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	66,31	39,78	44,09	0,00	44,09	0,52	18,05	25,53	18,57	1,19
13- 14	119	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	119,00	71,40	79,14	0,00	79,14	0,93	32,39	45,82	33,32	2,14
14 - 18	42,46	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	42,47	25,48	28,24	0,00	28,24	0,33	11,56	16,35	11,89	0,76
15 - 18	123,66	0,10	0,80	1,17	0,95	1,32	0,60	0,37	123,66	74,20	82,24	16,06	98,29	0,97	33,66	63,67	34,63	2,23
18 - 19	63,29	0,10	1,17	1,17	1,32	1,32	0,60	0,00	63,30	37,97	58,54	0,00	58,54	0,50	17,23	40,81	17,73	1,14
20 - 19	122,65	0,10	0,80	1,17	0,95	1,32	0,60	0,37	122,65	73,59	81,56	15,80	97,36	0,96	33,38	63,02	34,34	2,21
19 - 21	15	0,10	1,17	1,17	1,32	1,32	0,60	0,00	15,06	9,00	13,89	0,00	13,89	0,12	4,10	9,68	4,22	0,27
17 - 21	125	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	125,00	75,00	83,13	0,00	83,13	0,98	34,02	48,13	35,00	2,25
21 - 1c	221,5	0,10	1,17	1,17	1,32	1,32	0,60	0,00	221,50	132,90	204,35	0,00	204,35	1,74	60,28	142,33	62,02	3,99
1c - 1d	111,08	0,10	1,69	2,36	1,84	2,51	0,60	0,66	111,10	66,65	143,38	25,80	169,18	0,87	30,23	138,07	31,11	2,00
40 - 41	125,72	0,10	0,80	1,30	0,95	1,45	0,60	0,50	125,72	75,43	83,61	22,13	105,73	0,99	34,22	70,53	35,20	2,26
42 - 41	46,52	0,10	0,80	0,99	0,95	1,14	0,60	0,19	46,53	27,91	30,94	3,03	33,97	0,37	12,66	20,94	13,03	0,84
39 - 38	109,5	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	109,50	65,70	72,82	0,00	72,82	0,86	29,80	42,16	30,66	1,97
41 - 38	80	0,10	1,30	1,62	1,45	1,77	0,60	0,32	80,01	48,00	81,37	8,96	90,34	0,63	21,78	67,93	22,40	1,44
38 - 37	157,67	0,10	1,62	2,25	1,77	2,40	0,60	0,63	157,68	94,60	195,68	34,81	230,49	1,24	42,91	186,34	44,15	2,84
35 - 36	156,3	0,10	0,80	1,43	0,95	1,58	0,60	0,63	156,30	93,78	103,94	34,20	138,14	1,23	42,54	94,38	43,76	2,81

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian m	X	Z	Bongkar paving m2	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			awal	akhir	awal	akhir					I	II						
34 - 36	59,53	0,10	0,80	1,04	0,95	1,19	0,60	0,24	59,54	35,72	39,59	4,96	44,55	0,47	16,20	27,88	16,67	1,07
36 - 37	45,16	0,10	1,43	1,61	1,58	1,76	0,60	0,18	45,19	27,10	49,83	2,86	52,68	0,35	12,30	40,03	12,65	0,81
37 - 1d	75,8	0,10	2,25	2,51	2,40	2,66	0,60	0,25	75,84	45,48	127,60	6,75	134,34	0,60	20,64	113,11	21,23	1,36
1d - 1e	70,6	0,10	2,51	2,81	2,66	2,96	0,60	0,30	70,65	42,36	131,44	7,47	138,91	0,55	19,23	119,13	19,78	1,27
22 - 29	130,5	0,10	0,80	1,12	0,95	1,27	0,60	0,32	130,50	78,30	86,78	14,71	101,49	1,02	35,52	64,95	36,54	2,35
29 - 30	45	0,10	1,12	1,30	1,27	1,45	0,60	0,18	45,02	27,00	40,08	2,84	42,92	0,35	12,25	30,32	12,61	0,81
23 - 30	125,7	0,10	0,80	1,30	0,95	1,45	0,60	0,50	125,70	75,42	83,59	22,12	105,71	0,99	34,21	70,52	35,20	2,26
30 - 31	49,5	0,10	1,30	1,50	1,45	1,65	0,60	0,20	49,52	29,70	50,36	3,43	53,79	0,39	13,48	39,93	13,87	0,89
24 - 31	128,65	0,10	0,80	1,31	0,95	1,46	0,60	0,51	128,65	77,19	85,55	23,17	108,73	1,01	35,01	72,70	36,02	2,32
31 - 32	51,21	0,10	1,50	1,71	1,65	1,86	0,60	0,20	51,24	30,73	59,21	3,67	62,88	0,40	13,94	48,53	14,35	0,92
25 - 32	129,7	0,10	0,80	1,32	0,95	1,47	0,60	0,52	129,70	77,82	86,25	23,55	109,80	1,02	35,30	73,49	36,32	2,33
32 - 33	111	0,10	1,71	2,05	1,86	2,20	0,60	0,34	111,02	66,60	144,20	13,37	157,57	0,87	30,21	126,49	31,08	2,00
27 - 28	91,34	0,10	0,80	1,17	0,95	1,32	0,60	0,37	91,34	54,80	60,74	11,68	72,43	0,72	24,86	46,85	25,58	1,64
26 - 28	77,07	0,10	0,80	1,11	0,95	1,26	0,60	0,31	77,08	46,24	51,26	8,32	59,57	0,60	20,98	37,99	21,58	1,39
28 - 33	67,2	0,10	1,17	1,43	1,32	1,58	0,60	0,27	67,21	40,32	61,89	6,32	68,21	0,53	18,29	49,39	18,82	1,21
33 - 1e	75,77	0,10	1,43	1,74	1,58	1,89	0,60	0,30	75,79	45,46	84,04	8,04	92,08	0,59	20,63	70,86	21,22	1,36
1e - 1f	77	0,10	2,81	2,81	2,96	2,96	0,60	0,00	77,06	46,20	159,65	0,03	159,68	0,60	20,97	138,10	21,58	1,39
43 - 45	72,7	0,10	0,80	0,85	0,95	1,00	0,60	0,05	72,71	43,62	48,35	1,16	49,50	0,57	19,79	29,15	20,36	1,31
44 - 45	64	0,10	0,80	0,83	0,95	0,98	0,60	0,03	64,01	38,40	42,56	0,63	43,19	0,50	17,42	25,27	17,92	1,15
45 - 46	48,62	0,10	0,85	0,85	1,00	1,00	0,60	0,00	48,63	29,17	33,88	0,00	33,88	0,38	13,23	20,27	13,62	0,88
47 - 46	64,22	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	64,23	38,53	42,71	0,00	42,71	0,50	17,48	24,73	17,98	1,16
46 - 51	43	0,10	0,85	0,85	1,00	1,00	0,60	0,00	43,01	25,80	29,97	0,00	29,97	0,34	11,71	17,93	12,04	0,77
50 - 51	108,19	0,10	0,80	1,02	0,95	1,17	0,60	0,22	108,19	64,91	71,95	8,19	80,14	0,85	29,45	49,85	30,29	1,95
51 - 52	63,05	0,10	1,02	1,02	1,17	1,17	0,60	0,00	63,06	37,83	51,49	0,00	51,49	0,49	17,16	33,83	17,66	1,13
75 - 52	94,5	0,10	0,80	0,99	0,95	1,14	0,60	0,19	94,50	56,70	62,85	6,25	69,10	0,74	25,72	42,64	26,46	1,70
52 - 54	45,67	0,10	1,02	1,02	1,17	1,17	0,60	0,00	45,68	27,40	37,30	0,00	37,30	0,36	12,43	24,51	12,79	0,82
53 - 54	64,6	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	64,61	38,76	42,96	0,00	42,96	0,51	17,58	24,87	18,09	1,16
54 - 58	44,5	0,10	1,02	1,11	1,17	1,26	0,60	0,09	44,52	26,70	36,35	1,39	37,73	0,35	12,11	25,27	12,46	0,80
55 - 56	40,44	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	40,45	24,26	26,90	0,00	26,90	0,32	11,01	15,57	11,33	0,73
48 - 56	93,33	0,10	0,80	0,99	0,95	1,14	0,60	0,19	93,33	56,00	62,07	6,10	68,17	0,73	25,40	42,03	26,13	1,68
56 - 57	21	0,10	0,99	0,99	1,14	1,14	0,60	0,00	21,03	12,60	16,73	0,00	16,73	0,16	5,72	10,84	5,89	0,38
49 - 57	85	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,60	0,07	85,01	51,00	56,53	2,08	58,61	0,67	23,13	34,81	23,80	1,53

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian m	X	Z	Bongkar paving m2	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			awal	akhir	awal	akhir					I	II						
57 - 58	67,43	0,10	0,99	0,99	1,14	1,14	0,60	0,00	67,44	40,46	53,66	0,00	53,66	0,53	18,35	34,78	18,88	1,21
58 - 60	52,6	0,10	0,99	0,99	1,14	1,14	0,60	0,01	52,61	31,56	41,86	0,10	41,96	0,41	14,32	27,23	14,73	0,95
59 - 60	134,82	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	134,82	80,89	89,66	0,00	89,66	1,06	36,69	51,91	37,75	2,43
60 - 1f	77,66	0,10	0,99	0,99	1,14	1,14	0,60	0,00	77,67	46,60	62,08	0,00	62,08	0,61	21,14	40,33	21,75	1,40
1f - 1g	63,82	0,15	2,81	3,07	2,96	3,22	0,70	0,26	63,89	44,67	160,79	6,93	167,72	1,13	20,44	146,15	21,56	1,34
16 - 1ba	868,95	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	868,95	521,37	577,85	0,00	577,85	6,82	236,48	334,55	243,31	15,64
1ba - 1bb	80,4	0,10	0,80	1,14	0,95	1,29	0,60	0,34	80,41	48,24	53,47	9,60	63,07	0,63	21,88	40,56	22,51	1,45
72 - 69	105,7	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	105,70	63,42	70,29	0,00	70,29	0,83	28,77	40,70	29,60	1,90
68 - 69	45,72	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	45,73	27,43	30,41	0,00	30,41	0,36	12,45	17,61	12,80	0,82
69 - 70	57,46	0,10	0,80	0,91	0,95	1,06	0,60	0,11	57,47	34,48	38,22	2,31	40,53	0,45	15,64	24,44	16,09	1,03
73 - 70	92,18	0,10	0,80	0,98	0,95	1,13	0,60	0,18	92,18	55,31	61,30	5,95	67,25	0,72	25,09	41,44	25,81	1,66
70 - 71	54,8	0,10	0,98	0,98	1,13	1,13	0,60	0,00	54,81	32,88	43,52	0,00	43,52	0,43	14,92	28,18	15,35	0,99
74 - 71	83,37	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,60	0,07	83,38	50,02	55,44	1,95	57,39	0,65	22,69	34,05	23,35	1,50
71 - 1bb	60,54	0,10	0,98	1,11	1,13	1,26	0,60	0,12	60,55	36,32	48,08	2,57	50,65	0,48	16,48	33,69	16,95	1,09
1bb - 1bc	54,2	0,10	1,14	1,29	1,29	1,44	0,60	0,15	54,22	32,52	49,00	2,82	51,83	0,43	14,75	36,65	15,18	0,98
67 - 1 bc	203,59	0,10	0,80	1,51	0,95	1,66	0,60	0,71	203,59	122,15	135,39	50,42	185,81	1,60	55,41	128,80	57,01	3,66
1bc - 1bd	40,12	0,10	1,51	1,67	1,66	1,82	0,60	0,16	40,15	24,07	46,59	2,27	48,86	0,31	10,93	37,62	11,24	0,72
66 - 1bd	204	0,10	0,80	1,20	0,95	1,35	0,60	0,40	204,00	122,40	135,66	28,85	164,51	1,60	55,52	107,39	57,12	3,67
1bd - 1g	70,42	0,10	1,67	1,78	1,82	1,93	0,60	0,11	70,44	42,25	89,70	2,66	92,36	0,55	19,17	72,63	19,72	1,27
76 - 1 aa	115,19	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,60	0,00	115,19	69,11	76,60	0,00	76,60	0,90	31,35	44,35	32,25	2,07
1aa - 1ab	46,94	0,10	1,83	2,02	1,98	2,17	0,60	0,18	46,98	28,16	65,18	3,04	68,22	0,37	12,79	55,06	13,15	0,84
61 - 1 ab	127	0,10	0,80	1,18	0,95	1,33	0,60	0,38	127,00	76,20	84,46	16,71	101,17	1,00	34,56	65,61	35,56	2,29
1ab - 1ac	52,76	0,10	2,02	2,23	2,17	2,38	0,60	0,21	52,80	31,66	80,09	3,86	83,95	0,41	14,37	69,16	14,79	0,95
62 - 1ac	131,97	0,10	0,80	1,19	0,95	1,34	0,60	0,39	131,97	79,18	87,76	17,96	105,73	1,04	35,92	68,77	36,95	2,38
1 ac - 1h	184,67	0,10	2,23	2,91	2,38	3,06	0,60	0,69	184,69	110,80	307,13	44,52	351,64	1,45	50,26	299,93	51,71	3,32
1g - 1h	80,71	0,15	3,07	3,39	3,22	3,54	0,70	0,32	80,77	56,50	220,81	11,08	231,89	1,43	25,84	204,63	27,26	1,69
1h - 1i	56,11	0,15	3,39	3,61	3,54	3,76	0,70	0,22	56,22	39,28	169,12	5,36	174,48	0,99	17,98	155,50	18,97	1,18
65 - 1i	173,54	0,10	0,80	1,27	0,95	1,42	0,60	0,47	173,54	104,12	115,41	28,59	143,99	1,36	47,23	95,40	48,59	3,12
1i - 1j	51,81	0,15	3,61	3,77	3,76	3,92	0,60	0,16	51,95	31,09	146,62	3,03	149,65	0,92	16,62	132,11	17,53	0,93
63 - 1k	175	0,10	0,80	1,67	0,95	1,82	0,60	0,87	175,00	105,00	116,38	53,29	169,66	1,37	47,63	120,66	49,00	3,15
64 - 1k	76,81	0,10	0,80	1,18	0,95	1,33	0,60	0,38	76,82	46,09	51,08	10,27	61,35	0,60	20,91	39,85	21,51	1,38
1k - 1j	17,8	0,10	0,80	0,81	0,95	0,96	0,60	0,01	17,83	10,68	11,85	0,05	11,91	0,14	4,85	6,92	4,99	0,32

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian m	X	Z	Bongkar paving m2	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			awal	akhir	awal	akhir					I	II						
1j - IPAL	5	0,15	3,77	3,78	3,92	3,93	0,70	0,02	6,35	3,50	21,16	0,04	21,20	0,09	2,06	19,06	2,14	0,11

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 2 Perhitungan BOQ Galian Cluster 2

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian m	X	Z	Bongkar paving m2	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			awal	akhir	awal	akhir					I	II						
2a -2b	76,5	0,10	0,80	1,03	1,05	1,28	0,60	0,23	76,51	45,90	56,23	6,15	62,38	0,60	20,82	40,96	21,42	1,38
1 - 2b	204,52	0,10	0,80	1,41	1,05	1,66	0,60	0,61	204,52	122,71	150,32	43,92	194,24	1,61	55,66	136,98	57,27	3,68
2 - 2b	232,94	0,10	0,80	1,50	1,05	1,75	0,60	0,70	232,94	139,76	171,21	56,97	228,19	1,83	63,40	162,96	65,22	4,19
2b - 2c	76	0,10	1,50	1,80	1,75	2,05	0,60	0,30	76,02	45,60	93,06	8,09	101,15	0,60	20,69	79,86	21,29	1,37
7 - 6	257,43	0,10	0,80	1,57	1,05	1,82	0,60	0,77	257,43	154,46	189,21	69,58	258,80	2,02	70,06	186,72	72,08	4,63
5 - 6	33,43	0,10	0,80	0,90	1,05	1,15	0,60	0,10	33,45	20,06	24,58	1,17	25,76	0,26	9,10	16,39	9,37	0,60
6 - 2c	144,47	0,10	1,57	2,01	1,82	2,26	0,60	0,43	144,48	86,68	184,30	21,92	206,22	1,13	39,32	165,76	40,45	2,60
4 - 2c	416,67	0,10	0,80	2,05	1,05	2,30	0,60	1,25	416,67	250,00	306,25	182,30	488,55	3,27	113,40	371,88	116,67	7,50
2c - 2d	101,65	0,10	2,05	2,56	2,30	2,81	0,60	0,51	101,68	60,99	163,70	18,09	181,79	0,80	27,67	153,32	28,47	1,83
8 - 9	83,27	0,10	0,80	1,05	1,05	1,30	0,60	0,25	83,28	49,96	61,21	7,28	68,49	0,65	22,66	45,17	23,32	1,50
9a - 9	45,88	0,10	0,80	0,94	1,05	1,19	0,60	0,14	45,89	27,53	33,73	2,21	35,94	0,36	12,49	23,09	12,85	0,83
9 - 2d	107,2	0,10	1,05	1,37	1,30	1,62	0,60	0,32	107,21	64,32	97,54	12,07	109,61	0,84	29,18	79,59	30,02	1,93
14 - 13	142,2	0,10	0,80	1,23	1,05	1,48	0,60	0,43	142,20	85,32	104,52	21,23	125,75	1,12	38,70	85,94	39,82	2,56
12 - 13	22	0,10	0,80	0,87	1,05	1,12	0,60	0,07	22,03	13,20	16,19	0,51	16,70	0,17	5,99	10,53	6,17	0,40
13 - 11	102,17	0,10	1,23	1,53	1,48	1,78	0,60	0,31	102,18	61,30	105,62	10,96	116,58	0,80	27,81	87,97	28,61	1,84
10 - 11	22	0,10	0,80	0,87	1,05	1,12	0,60	0,07	22,03	13,20	16,19	0,51	16,70	0,17	5,99	10,53	6,17	0,40
11 - 2d	144	0,10	0,87	1,30	1,12	1,55	0,60	0,43	144,00	86,40	112,50	21,77	134,27	1,13	39,19	93,95	40,32	2,59
2d - 2e	127,64	0,10	2,56	3,20	2,81	3,45	0,60	0,64	127,67	76,58	250,97	28,52	279,49	1,00	34,75	243,74	35,75	2,30

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian m	X	Z	Bongkar paving m2	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisas tanah galian (m³)	Pasir paving
			awal	akhir	awal	akhir					I	II						
16 - 18	72,7	0,10	0,80	1,02	1,05	1,27	0,60	0,22	72,71	43,62	53,44	5,55	58,99	0,57	19,79	38,63	20,36	1,31
17 - 18	45,4	0,10	0,80	0,94	1,05	1,19	0,60	0,14	45,41	27,24	33,38	2,16	35,54	0,36	12,36	22,83	12,72	0,82
18 - 2e	120,35	0,10	1,02	1,38	1,27	1,63	0,60	0,36	120,36	72,21	106,84	15,21	122,05	0,94	32,76	88,35	33,70	2,17
19 - 2e	139,8	0,10	0,80	1,22	1,05	1,47	0,60	0,42	139,80	83,88	102,76	20,52	123,28	1,10	38,05	84,13	39,15	2,52
2e - 2f	280	0,10	3,20	4,32	3,45	4,57	0,60	1,12	280,02	168,00	675,56	109,77	785,33	2,20	76,21	706,92	78,41	5,04
35 - 33	445,46	0,10	0,80	2,14	1,05	2,39	0,60	1,34	445,46	267,28	327,41	208,36	535,77	3,50	121,23	411,04	124,73	8,02
33 - 2h	200	0,10	2,14	2,74	2,39	2,99	0,60	0,60	200,01	120,00	334,12	42,00	376,12	1,57	54,43	320,12	56,00	3,60
34 - 2h	410	0,10	0,80	2,03	1,05	2,28	0,60	1,23	410,00	246,00	301,35	176,51	477,86	3,22	111,58	363,06	114,80	7,38
2h - 2g	55,34	0,10	0,80	1,08	1,05	1,33	0,60	0,28	55,35	33,20	40,68	5,36	46,04	0,43	15,06	30,54	15,50	1,00
25 - 27	73,6	0,10	0,80	1,02	1,05	1,27	0,60	0,22	73,61	44,16	54,10	5,69	59,79	0,58	20,03	39,18	20,61	1,32
26 - 27	50	0,10	0,80	0,95	1,05	1,20	0,60	0,15	50,01	30,00	36,76	2,63	39,38	0,39	13,61	25,38	14,00	0,90
27 - 2g	121	0,10	1,02	1,38	1,27	1,63	0,60	0,36	121,01	72,60	107,64	15,37	123,02	0,95	32,93	89,13	33,88	2,18
28 - 29	147,5	0,10	0,80	1,24	1,05	1,49	0,60	0,44	147,50	88,50	108,42	22,84	131,26	1,16	40,14	89,96	41,30	2,66
31 - 29	25	0,10	0,80	0,88	1,05	1,13	0,60	0,08	25,02	15,00	18,39	0,66	19,05	0,20	6,81	12,04	7,01	0,45
29 - 30	103,46	0,10	1,24	1,55	1,49	1,80	0,60	0,31	103,47	62,08	108,10	11,24	119,34	0,81	28,16	90,37	28,97	1,86
32 - 30	30	0,10	0,80	0,89	1,05	1,14	0,60	0,09	30,02	18,00	22,06	0,95	23,01	0,24	8,17	14,60	8,41	0,54
30 - 2g	157,2	0,10	1,55	2,02	1,80	2,27	0,60	0,47	157,21	94,32	198,40	25,95	224,35	1,23	42,78	180,33	44,02	2,83
2g - 2f	51,85	0,10	2,02	2,18	2,27	2,43	0,60	0,16	51,90	31,11	82,63	2,83	85,46	0,41	14,12	70,93	14,53	0,93
22 - 24	79,66	0,10	0,80	1,04	1,05	1,29	0,60	0,24	79,67	47,80	58,56	6,66	65,22	0,63	21,68	42,91	22,31	1,43
23 - 24	39,06	0,10	0,80	0,92	1,05	1,17	0,60	0,12	39,07	23,44	28,72	1,60	30,32	0,31	10,63	19,38	10,94	0,70
24 - 2f	120	0,10	1,04	1,40	1,29	1,65	0,60	0,36	120,01	72,00	108,28	15,12	123,40	0,94	32,66	89,80	33,60	2,16
2f - 2m	153,31	0,15	4,32	4,78	4,62	5,08	0,70	0,46	153,38	107,32	601,86	29,98	631,84	2,71	49,06	580,08	51,77	3,22
15 - 2i	160	0,10	0,80	1,28	1,05	1,53	0,60	0,48	160,00	96,00	117,60	26,88	144,48	1,26	43,54	99,68	44,80	2,88
2i - 2j	50	0,10	1,28	1,43	1,53	1,68	0,60	0,15	50,02	30,00	53,58	2,63	56,20	0,39	13,61	42,19	14,01	0,90
21 - 2j	73,5	0,10	0,80	1,02	1,05	1,27	0,60	0,22	73,51	44,10	54,03	5,67	59,70	0,58	20,01	39,12	20,58	1,32

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian m	X	Z	Bongkar paving m2	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			awal	akhir	awal	akhir					I	II						
2j -2k	46,49	0,10	1,43	1,57	1,68	1,82	0,60	0,14	46,52	27,89	54,71	2,27	56,98	0,36	12,66	43,95	13,03	0,84
20 - 2k	74,83	0,10	0,80	1,02	1,05	1,27	0,60	0,22	74,84	44,90	55,01	5,88	60,89	0,59	20,37	39,93	20,95	1,35
2k-2l	54,36	0,10	1,57	1,73	1,82	1,98	0,60	0,16	54,39	32,62	69,27	3,10	72,38	0,43	14,80	57,15	15,23	0,98
29- 2l	42,15	0,10	0,80	0,93	1,05	1,18	0,60	0,13	42,16	25,29	30,99	1,87	32,86	0,33	11,47	21,05	11,81	0,76
2l - 2m	109,02	0,10	1,73	2,06	1,98	2,31	0,60	0,33	109,04	65,41	151,32	12,48	163,80	0,86	29,67	133,27	30,53	1,96
30 - 2m	44,5	0,10	0,80	0,93	1,05	1,18	0,60	0,13	44,51	26,70	32,72	2,08	34,80	0,35	12,11	22,33	12,46	0,80
2m - 2n	5	0,15	4,78	4,79	5,08	5,09	0,70	0,02	7,13	3,50	30,75	0,05	30,79	0,09	2,32	28,39	2,40	0,11
36 - 2n	70	0,10	0,80	1,01	1,05	1,26	0,60	0,21	70,01	42,00	51,46	5,15	56,60	0,55	19,05	37,00	19,60	1,26
2n - IPAL	5	0,15	4,79	4,81	5,09	5,11	0,70	0,01	7,14	3,50	30,88	0,05	30,93	0,09	2,32	28,52	2,41	0,11

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 3 Perhitungan BOQ Galian Cluster 3

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II						
18 - 3k	184,5	0,10	0,80	1,72	0,95	1,87	0,60	0,92	184,50	110,70	122,69	59,57	182,27	1,45	50,21	130,60	51,66	3,32
181 - 3l	171,43	0,10	0,80	1,66	0,95	1,81	0,60	0,86	171,43	102,86	114,00	51,43	165,43	1,35	46,66	117,43	48,00	3,09
3k - 3l	56,71	0,10	1,72	2,01	1,87	2,16	0,60	0,28	56,74	34,03	74,37	5,63	80,00	0,45	15,44	64,12	15,89	1,02
3l - IPAL 1	3	0,10	2,01	2,02	2,16	2,17	0,60	0,02	3,69	1,80	5,58	0,02	5,60	0,02	1,01	4,56	1,03	0,05
Pelayanan 2																		
17 - 3j	147	0,10	0,80	0,96	0,95	1,11	0,60	0,16	147,00	88,20	97,76	8,15	105,91	1,15	40,01	64,75	41,16	2,65
16 - 3i	128	0,10	1,14	1,21	1,29	1,36	0,60	0,07	128,01	76,80	115,62	3,20	118,82	1,00	34,84	82,98	35,84	2,30
3i - 3j	50,53	0,10	1,21	1,29	1,36	1,44	0,60	0,07	50,55	30,32	48,18	1,30	49,48	0,40	13,76	35,33	14,15	0,91
3j - IPAL 2	4	0,10	0,80	0,98	0,95	1,13	0,60	0,18	4,11	2,40	2,73	0,26	2,99	0,03	1,12	1,84	1,15	0,07
pelayanan 3																		
14 - 3g	115	0,10	0,80	0,99	0,95	1,14	0,60	0,19	115,00	69,00	76,48	7,47	83,95	0,90	31,30	51,74	32,20	2,07
15 - 3h	110,75	0,10	1,38	1,61	1,53	1,76	0,60	0,24	110,76	66,45	118,34	9,19	127,53	0,87	30,14	96,52	31,01	1,99

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisia tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II		(m³)				
3g - 3h	50	0,10	1,61	1,83	1,76	1,98	0,60	0,21	50,03	30,00	61,76	3,74	65,50	0,39	13,62	51,49	14,01	0,90
3h - IPAL 3	3	0,10	1,83	1,93	1,98	2,08	0,60	0,11	3,59	1,80	4,97	0,13	5,11	0,02	0,98	4,10	1,01	0,05
pelayanan 4																		
13 - 3f	110	0,10	1,93	2,01	2,08	2,16	0,60	0,08	110,02	66,00	160,48	2,92	163,40	0,86	29,94	132,60	30,81	1,98
12 - 3f	113	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	113,00	67,80	75,15	8,92	84,06	0,89	30,75	52,42	31,64	2,03
3e - 3f	53,2	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	53,21	31,92	35,38	4,29	39,68	0,42	14,48	24,78	14,90	0,96
3f - IPAL 4	4	0,10	2,10	2,17	2,25	2,32	0,60	0,07	4,59	2,40	7,23	0,12	7,35	0,03	1,25	6,06	1,29	0,07
pelayanan 5																		
9 - 3d	114,5	0,10	2,17	2,26	2,32	2,41	0,60	0,08	114,52	68,70	186,30	3,29	189,59	0,90	31,17	157,53	32,07	2,06
6 - 3c	113	0,15	2,26	2,41	2,41	2,56	0,60	0,16	113,03	67,80	203,96	6,60	210,56	2,00	36,15	172,41	38,15	2,03
3c - 3d	54	0,10	0,80	0,94	0,95	1,09	0,60	0,14	54,01	32,40	35,92	2,62	38,53	0,42	14,70	23,41	15,12	0,97
3d - IPAL 5	4	0,10	0,80	1,00	0,95	1,15	0,60	0,20	4,11	2,40	2,73	0,29	3,02	0,03	1,12	1,87	1,15	0,07
pelayanan 6																		
3 - 3b	132	0,10	0,80	0,99	0,95	1,14	0,60	0,19	132,00	79,20	87,78	8,78	96,56	1,04	35,92	59,60	36,96	2,38
3a -3b	125,5	0,10	1,08	1,20	1,23	1,35	0,60	0,12	125,51	75,30	107,99	5,38	113,37	0,99	34,16	78,23	35,14	2,26
1 - 4	110	0,10	0,80	0,97	0,95	1,12	0,60	0,17	110,00	66,00	73,15	6,63	79,79	0,86	29,94	48,98	30,80	1,98
2 - 5	105	0,10	1,20	1,32	1,35	1,47	0,60	0,12	105,01	63,00	99,36	4,23	103,59	0,82	28,58	74,19	29,40	1,89
6 - 5	56,71	0,10	0,80	0,97	0,95	1,12	0,60	0,17	56,72	34,03	37,72	3,47	41,18	0,45	15,44	25,30	15,88	1,02
5 - 4	3	0,10	0,80	0,98	0,95	1,13	0,60	0,18	3,15	1,80	2,09	0,20	2,29	0,02	0,86	1,41	0,88	0,05
4 - 3c	52	0,10	1,62	1,77	1,77	1,92	0,60	0,15	52,03	31,20	64,54	2,78	67,32	0,41	14,16	52,75	14,57	0,94
3b - 3c	0	0,10	0,80	1,02	0,95	1,17	0,60	0,22	0,95	0,00	0,63	0,07	0,71	0,00	0,27	0,44	0,27	0,00
3b - 3c	45	0,10	1,77	1,81	1,92	1,96	0,60	0,04	45,04	27,00	60,69	0,57	61,26	0,35	12,26	48,64	12,61	0,81
3c - IPAL 6	5	0,10	1,81	1,91	1,96	2,06	0,60	0,10	5,37	3,00	7,37	0,19	7,56	0,04	1,46	6,06	1,50	0,09
pelayanan 7																		
13 - 3f	116,8	0,10	1,91	1,94	2,06	2,09	0,60	0,03	116,82	70,08	168,64	1,14	169,79	0,92	31,79	137,08	32,71	2,10
12 - 3f	117	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,60	0,07	117,00	70,20	77,81	2,87	80,67	0,92	31,84	47,91	32,76	2,11
3e - 3f	52	0,10	0,89	0,94	1,04	1,09	0,60	0,05	52,01	31,20	37,83	0,85	38,67	0,41	14,15	24,11	14,56	0,94
3f - IPAL 7	3	0,10	0,80	0,91	0,95	1,06	0,60	0,11	3,15	1,80	2,09	0,12	2,21	0,02	0,86	1,33	0,88	0,05
pelayanan 8																		
38 - 39	79	0,10	0,80	0,90	0,95	1,05	0,60	0,10	79,01	47,40	52,54	2,89	55,43	0,62	21,50	33,31	22,12	1,42
39 -37	109,6	0,10	1,08	1,16	1,23	1,31	0,60	0,08	109,61	65,76	94,74	2,98	97,72	0,86	29,83	67,03	30,69	1,97
36 - 37	95,3	0,10	1,16	1,21	1,31	1,36	0,60	0,05	95,31	57,18	87,56	1,67	89,23	0,75	25,94	62,54	26,69	1,72

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II						
37 - 3o	120,4	0,10	0,80	0,92	0,95	1,07	0,60	0,12	120,40	72,24	80,07	5,19	85,26	0,95	32,77	51,55	33,71	2,17
35 -3p	35,7	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	35,71	21,42	23,75	2,85	26,60	0,28	9,72	16,60	10,00	0,64
3p - 3o	56,71	0,10	1,03	1,14	1,18	1,29	0,60	0,11	56,72	34,03	46,77	2,18	48,96	0,45	15,44	33,07	15,88	1,02
3o - IPAL 8	54	0,10	0,80	1,04	0,95	1,19	0,60	0,24	54,01	32,40	35,92	4,55	40,47	0,42	14,70	25,34	15,12	0,97
pelayanan 9																		
34 - 3q	184,5	0,10	1,44	1,53	1,59	1,68	0,60	0,08	184,51	110,70	205,92	5,26	211,17	1,45	50,21	159,51	51,66	3,32
33 - 3r	171,43	0,10	0,80	1,14	0,95	1,29	0,60	0,34	171,43	102,86	114,00	20,34	134,34	1,35	46,66	86,34	48,00	3,09
3r- 3q	56,71	0,10	1,14	1,27	1,29	1,42	0,70	0,13	56,72	39,70	58,49	2,93	61,42	0,45	15,44	45,54	15,88	1,19
3q - IPAL9	3	0,10	0,80	1,18	0,95	1,33	0,60	0,38	3,15	1,80	2,09	0,42	2,51	0,02	0,86	1,63	0,88	0,05
pelayanan 10																		
32 - 3s	184,5	0,10	0,80	1,47	0,95	1,62	0,60	0,67	184,50	110,70	122,69	43,18	165,88	1,45	50,21	114,22	51,66	3,32
31 - 3t	171,43	0,10	3,39	3,39	3,54	3,54	0,60	0,00	171,47	102,86	424,74	0,00	424,74	1,35	46,66	376,73	48,01	3,09
3t - 3s	32	0,10	4,44	4,58	4,59	4,73	0,60	0,14	32,33	19,20	103,82	1,60	105,41	0,25	8,80	96,36	9,05	0,58
3s - IPAL 10	3	0,10	4,58	4,67	4,73	4,82	0,60	0,09	5,60	1,80	18,54	0,17	18,71	0,02	1,54	17,14	1,57	0,05
pelayanan 11																		
3w - 3v	184,5	0,10	4,67	4,75	4,82	4,90	0,60	0,08	184,56	110,70	622,08	5,23	627,31	1,45	50,23	575,64	51,68	3,32
30 - 3u	184,5	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	0,60	0,27	184,50	110,70	122,69	17,36	140,05	1,45	50,21	88,39	51,66	3,32
29 - 3v	171,43	0,10	4,75	4,83	4,90	4,98	0,60	0,08	171,50	102,86	587,78	5,08	592,85	1,35	46,67	544,83	48,02	3,09
3V - 3u	171,43	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	171,43	102,86	114,00	13,92	127,92	1,35	46,66	79,92	48,00	3,09
3V - 3u	34	0,10	0,80	0,88	0,95	1,03	0,60	0,08	34,01	20,40	22,62	1,00	23,62	0,27	9,26	14,10	9,52	0,61
3u - IPAL 11	56,71	0,10	1,03	1,10	1,18	1,25	0,60	0,07	56,72	34,03	46,93	1,43	48,36	0,45	15,44	32,48	15,88	1,02
3u - IPAL 11	35	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	35,01	21,00	23,28	2,85	26,14	0,27	9,53	16,33	9,80	0,63
pelayanan 12																		
99 77	87	0,10	1,19	1,41	1,34	1,56	0,60	0,22	87,01	52,20	81,53	6,82	88,35	0,68	23,68	63,99	24,36	1,57
76 - 77	45	0,10	1,19	1,25	1,34	1,40	0,60	0,06	45,02	27,00	42,18	0,99	43,18	0,35	12,25	30,57	12,61	0,81
3e - 3f	0	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	0,70	0,25	0,95	0,00	0,72	0,09	0,82	0,00	0,27	0,55	0,27	0,00
77 - 3x	76,3	0,10	1,25	1,36	1,40	1,51	0,70	0,11	76,31	53,41	85,57	3,30	88,86	0,60	20,77	67,50	21,37	1,60
95 - 3y	153	0,10	4,83	4,85	4,98	5,00	0,60	0,02	153,08	91,80	533,72	1,12	534,83	1,20	41,66	491,97	42,86	2,75
3y- 3x	64	0,10	0,80	0,95	0,95	1,10	0,60	0,15	64,01	38,40	42,56	3,28	45,85	0,50	17,42	27,93	17,92	1,15
3x - IPAL 12	5	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,60	0,07	5,09	3,00	3,38	0,12	3,51	0,04	1,39	2,08	1,43	0,09
pelayanan 13																		
72 - 75	134	0,10	1,17	1,33	1,32	1,48	0,70	0,16	134,01	93,80	141,88	8,60	150,48	1,05	36,47	112,96	37,52	2,81

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II		(m³)				
75 - 3aa	44,8	0,10	4,85	4,87	5,00	5,02	0,68	0,02	45,08	30,46	175,86	0,39	176,25	0,35	12,27	163,63	12,62	0,91
3e - 3f	0	0,10	0,80	0,95	0,95	1,10	0,70	0,15	0,95	0,00	0,72	0,06	0,78	0,00	0,27	0,51	0,27	0,00
68 - 3ab	56,71	0,10	0,80	0,88	0,95	1,03	0,72	0,08	56,72	40,83	44,18	1,81	46,00	0,45	15,44	30,12	15,88	1,22
3ab - 3aa	62,3	0,10	0,95	1,18	1,10	1,33	0,74	0,23	62,31	46,10	57,56	5,99	63,56	0,49	16,96	46,11	17,45	1,38
3aa - IPAL 13	12	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,76	0,07	12,04	9,12	9,83	0,37	10,20	0,09	3,28	6,83	3,37	0,27
pelayanan 14																		
67 - 3ac	165	0,10	4,87	4,89	5,02	5,04	0,80	0,02	165,08	132,00	746,39	1,30	747,69	1,30	44,93	701,47	46,22	3,96
66 - 3ad	178	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,82	0,23	178,00	145,96	155,57	18,70	174,28	1,40	48,44	124,44	49,84	4,38
3e - 3f	0	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,84	0,07	0,95	0,00	0,85	0,03	0,88	0,00	0,27	0,61	0,27	0,00
3ad - 3ac	44	0,10	1,03	1,31	1,18	1,46	0,86	0,28	44,02	37,84	49,79	5,94	55,73	0,35	11,98	43,41	12,32	1,14
3ac -IPAL 14	65	0,10	4,89	4,91	5,04	5,06	0,88	0,02	65,20	57,20	322,10	0,71	322,81	0,51	17,74	304,55	18,25	1,72
pelayanan 15																		
65 - 3ae	134	0,10	0,80	0,86	0,95	1,01	0,92	0,06	134,00	123,28	129,85	4,10	133,95	1,05	36,47	96,43	37,52	3,70
64 -3af	44,8	0,10	1,03	1,32	1,18	1,47	0,94	0,29	44,82	42,11	55,16	6,79	61,94	0,35	12,20	49,39	12,55	1,26
3e - 3f	0	0,25	4,91	4,94	5,06	5,09	0,96	0,03	5,06	0,00	31,02	0,09	31,11	0,00	2,37	28,74	2,37	0,00
3af - 3ae	56,71	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,98	0,00	56,72	55,58	58,19	0,00	58,19	0,45	15,44	42,31	15,88	1,67
3ae -IPAL 15	62,3	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	1,00	0,25	62,31	62,30	65,11	8,69	73,80	0,49	16,96	56,35	17,45	1,87
pelayanan 16																		
62 - 3ag	113,6	0,10	1,07	1,62	1,22	1,77	1,04	0,55	113,61	118,14	157,50	35,86	193,36	0,89	30,92	161,55	31,81	3,54
57 - 3ah	105,7	0,10	0,80	1,36	0,95	1,51	1,06	0,56	105,70	112,04	116,49	34,27	150,75	0,83	28,77	121,15	29,60	3,36
3ah - 3 ag	48,6	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	1,08	0,00	48,61	52,49	54,49	0,00	54,49	0,38	13,23	40,88	13,61	1,57
3ag - IPAL 16	4	0,10	1,36	1,46	1,51	1,61	1,10	0,10	4,28	4,40	7,74	0,25	7,99	0,03	1,17	6,79	1,20	0,13
pelayanan 17																		
56 - 3al	102	0,10	1,46	1,53	1,61	1,68	1,14	0,08	102,01	116,28	203,09	4,94	208,03	0,80	27,76	179,47	28,56	3,49
3aj - 3ai	112	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	1,16	0,00	112,00	129,92	134,07	0,00	134,07	0,88	30,48	102,71	31,36	3,90
3ai - IPAL 17	5	0,10	1,53	1,60	1,68	1,75	1,18	0,07	5,28	5,90	11,37	0,22	11,59	0,04	1,44	10,12	1,48	0,18
pelayanan 18	0	0,00	0,80	0,53	0,95	0,68	1,20	-0,27	0,95	0,00	1,08	-0,15	0,93	0,00	0,17	0,76	0,17	0,00
96 - IPAL 18	593	0,10	1,60	2,17	1,75	2,32	1,22	0,57	593,00	723,46	1369,54	222,50	1592,04	4,66	161,39	1426,00	166,04	21,70
pelayanan 19																		
94 - 3ak	107	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	1,26	0,25	107,00	134,82	138,25	18,25	156,50	0,84	29,12	126,54	29,96	4,04
93 - 3al	110	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	1,28	0,27	110,00	140,80	144,22	20,68	164,89	0,86	29,94	134,09	30,80	4,22
3al - 3ak	48	0,10	2,21	2,41	2,36	2,56	1,30	0,19	48,06	62,40	159,01	6,51	165,51	0,38	13,08	152,06	13,46	1,87

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II						
3ak -IPAL 19	5	0,10	0,80	0,92	0,95	1,07	1,32	0,12	5,09	6,60	6,87	0,44	7,31	0,04	1,39	5,88	1,43	0,20
pelayanan 20																		
92 - 3am	105,6	0,10	1,09	1,18	1,24	1,33	1,36	0,09	105,61	143,62	190,42	6,97	197,39	0,83	28,74	167,82	29,57	4,31
91- 3an	104,7	0,10	0,80	1,06	0,95	1,21	1,38	0,26	104,70	144,49	147,21	20,38	167,59	0,82	28,50	138,27	29,32	4,33
3an - 3am	32	0,10	1,18	1,27	1,33	1,42	1,40	0,09	32,03	44,80	63,67	2,17	65,85	0,25	8,72	56,88	8,97	1,34
3am -IPAL 20	3	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	1,42	0,27	3,15	4,26	4,54	0,64	5,18	0,02	0,86	4,30	0,88	0,13
pelayanan 21																		
92 - 3am	105,6	0,10	0,80	1,06	0,95	1,21	1,46	0,26	105,60	154,18	156,51	21,71	178,22	0,83	28,74	148,65	29,57	4,63
91- 3an	104,7	0,10	1,36	1,45	1,51	1,60	1,48	0,09	104,71	154,96	249,20	7,61	256,81	0,82	28,50	227,50	29,32	4,65
3an - 3am	32	0,10	0,80	1,06	0,95	1,21	1,50	0,26	32,01	48,00	48,66	6,71	55,37	0,25	8,71	46,41	8,96	1,44
3am -IPAL 21	3	0,10	1,45	1,54	1,60	1,69	1,52	0,10	3,40	4,56	8,80	0,26	9,07	0,02	0,93	8,11	0,95	0,14
pelayanan 22																		
90 - 84	105	0,10	1,54	1,70	1,69	1,85	1,56	0,15	105,01	163,80	295,35	13,14	308,50	0,82	28,58	279,09	29,40	4,91
84 - IPAL 22	54	0,10	0,80	0,92	0,95	1,07	1,58	0,12	54,01	85,32	86,20	5,58	91,78	0,42	14,70	76,66	15,12	2,56
pelayanan 23																		
81 -61	114,7	0,10	0,92	0,99	1,07	1,14	1,62	0,07	114,71	185,81	211,69	6,91	218,60	0,90	31,22	186,48	32,12	5,57
80 - 60	111,8	0,10	0,80	0,93	0,95	1,08	1,64	0,13	111,80	183,35	184,81	12,26	197,07	0,88	30,43	165,76	31,31	5,50
60 - 61	56	0,10	1,70	1,76	1,85	1,91	1,66	0,06	56,03	92,96	181,95	3,19	185,13	0,44	15,25	169,45	15,69	2,79
61 - IPAL 23	4	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	1,68	0,23	4,11	6,72	6,95	0,84	7,79	0,03	1,12	6,64	1,15	0,20
pelayanan 24																		
79 -59	114,7	0,10	0,80	1,04	0,95	1,19	1,72	0,24	114,70	197,28	198,32	25,20	223,52	0,90	31,22	191,40	32,12	5,92
78 - 58	111,8	0,10	1,86	1,94	2,01	2,09	1,74	0,08	111,82	194,53	414,18	7,88	422,06	0,88	30,43	390,75	31,31	5,84
58- 59	56	0,10	0,80	0,93	0,95	1,08	1,76	0,13	56,01	98,56	98,97	7,00	105,97	0,44	15,24	90,28	15,68	2,96
59 - IPAL 24	4	0,10	0,80	0,97	0,95	1,12	1,78	0,17	4,11	7,12	7,34	0,64	7,99	0,03	1,12	6,84	1,15	0,21
pelayanan 25																		
101 - 102	85	0,10	1,03	1,19	1,18	1,34	1,82	0,16	85,01	154,70	193,05	12,93	205,98	0,67	23,14	182,18	23,80	4,64
102 - 104	45	0,10	1,94	2,10	2,09	2,25	1,84	0,16	45,05	82,80	182,63	7,17	189,79	0,35	12,26	177,18	12,61	2,48
103 - 104	87,4	0,10	2,10	2,20	2,25	2,35	1,86	0,09	87,43	162,56	386,19	7,88	394,08	0,69	23,79	369,60	24,48	4,88
104 - 106	46,3	0,15	2,41	2,72	2,56	2,87	1,88	0,31	46,37	87,04	240,67	14,61	255,28	0,82	14,83	239,63	15,65	2,61
105 - 106	83,4	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	1,90	0,27	83,41	158,46	158,47	22,44	180,91	0,65	22,70	157,55	23,35	4,75
106 - 108	42	0,10	0,80	0,90	0,95	1,05	1,92	0,09	42,01	80,64	80,62	4,03	84,65	0,33	11,43	72,89	11,76	2,42
107 - 108	80,5	0,10	1,07	1,34	1,22	1,49	1,94	0,27	80,51	156,17	200,21	21,96	222,17	0,63	21,91	199,62	22,54	4,69

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian (m)		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II						
108 - 110	41	0,10	0,80	0,90	0,95	1,05	1,96	0,10	41,01	80,36	80,26	4,13	84,39	0,32	11,16	72,91	11,48	2,41
109 - 110	81,1	0,10	0,80	1,06	0,95	1,21	1,98	0,26	81,11	160,58	160,26	22,27	182,53	0,64	22,07	159,82	22,71	4,82
110 - IPAL 25	106	0,10	1,06	1,16	1,21	1,31	2,00	0,10	106,01	212,00	270,25	11,13	281,38	0,83	28,85	251,70	29,68	6,36

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4 Perhitungan BOQ Galian Cluster 4

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman galian		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II						
4a - 4b	224	0,10	0,80	1,47	0,95	1,62	0,60	0,67	224,00	134,40	148,96	52,69	201,65	1,76	60,96	138,93	62,72	4,03
8 - 2	57,24	0,10	0,80	0,91	0,95	1,06	0,60	0,11	57,25	34,34	38,07	2,29	40,36	0,45	15,58	24,33	16,03	1,03
1 - 2	79,71	0,10	0,80	0,96	0,95	1,11	0,60	0,16	79,72	47,83	53,01	4,45	57,46	0,63	21,69	35,14	22,32	1,43
2- 3	43,26	0,10	0,96	1,05	1,11	1,20	0,60	0,09	43,27	25,96	33,61	1,31	34,92	0,34	11,78	22,80	12,12	0,78
9 - 3	75,32	0,10	0,80	0,95	0,95	1,10	0,60	0,15	75,33	45,19	50,09	3,97	54,06	0,59	20,50	32,97	21,09	1,36
3 - 4	47,21	0,10	1,05	1,14	1,20	1,29	0,60	0,09	47,23	28,33	39,53	1,56	41,10	0,37	12,85	27,87	13,22	0,85
10 - 4	79,19	0,10	0,80	0,96	0,95	1,11	0,60	0,16	79,20	47,51	52,67	4,39	57,06	0,62	21,55	34,88	22,17	1,43
4 - 5	35,67	0,10	1,14	1,21	1,29	1,36	0,60	0,07	35,69	21,40	32,24	0,89	33,13	0,28	9,71	23,14	9,99	0,64
11 - 5	86,4	0,10	0,80	0,97	0,95	1,12	0,60	0,17	86,41	51,84	57,46	5,23	62,69	0,68	23,52	38,49	24,19	1,56
5 - 6	36,8	0,10	1,21	1,29	1,36	1,44	0,60	0,07	36,83	22,08	35,10	0,95	36,05	0,29	10,02	25,74	10,31	0,66
12 - 6	90,45	0,10	0,80	0,98	0,95	1,13	0,60	0,18	90,45	54,27	60,15	5,73	65,88	0,71	24,62	40,55	25,33	1,63
6 - 7	45,5	0,10	1,29	1,38	1,44	1,53	0,60	0,09	45,52	27,30	45,74	1,45	47,19	0,36	12,39	34,44	12,75	0,82
13 - 7	92,77	0,10	0,80	0,99	0,95	1,14	0,60	0,19	92,77	55,66	61,70	6,02	67,72	0,73	25,25	41,74	25,98	1,67
7 - 25	118,54	0,10	1,38	1,61	1,53	1,76	0,60	0,24	118,55	71,12	126,66	9,84	136,50	0,93	32,26	103,30	33,19	2,13
19 - 20	67,17	0,10	0,80	0,93	0,95	1,08	0,60	0,13	67,18	40,30	44,67	3,16	47,83	0,53	18,28	29,02	18,81	1,21
14 - 20	106,78	0,10	1,61	1,83	1,76	1,98	0,60	0,21	106,79	64,07	131,82	7,98	139,81	0,84	29,06	109,90	29,90	1,92
20 - 21	53,45	0,10	1,83	1,93	1,98	2,08	0,60	0,11	53,49	32,07	74,02	2,00	76,02	0,42	14,56	61,04	14,98	0,96
15 - 21	112,91	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	112,91	67,75	75,09	8,92	84,01	0,89	30,73	52,40	31,62	2,03
21 - 22	37,91	0,10	1,93	2,01	2,08	2,16	0,60	0,08	37,97	22,75	55,38	1,01	56,39	0,30	10,33	45,76	10,63	0,68
16 - 22	112,73	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	112,73	67,64	74,97	8,90	83,86	0,88	30,68	52,30	31,57	2,03

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman galian		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2					I	II						
22 - 23	45,14	0,10	2,01	2,10	2,16	2,25	0,60	0,09	45,19	27,08	68,32	1,43	69,75	0,35	12,30	57,09	12,65	0,81
17 - 23	115,23	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	115,23	69,14	76,63	9,29	85,93	0,90	31,36	53,66	32,27	2,07
23 - 24	37	0,10	2,10	2,17	2,25	2,32	0,60	0,07	37,07	22,20	58,38	0,96	59,34	0,29	10,09	48,96	10,38	0,67
18 -24	114,93	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	114,93	68,96	76,43	9,25	85,68	0,90	31,28	53,50	32,18	2,07
24 - 25	41,06	0,10	2,17	2,26	2,32	2,41	0,60	0,08	41,13	24,64	66,90	1,18	68,08	0,32	11,19	56,57	11,52	0,74
25 - 4b	51,88	0,15	2,26	2,41	2,41	2,56	0,60	0,16	51,94	31,13	93,72	3,03	96,75	0,92	16,61	79,22	17,53	0,93
4b - 4c	217,11	0,10	2,41	3,39	2,56	3,54	0,60	0,98	217,13	130,27	389,35	74,25	463,59	1,70	59,09	402,80	60,80	3,91
31- 32	69,23	0,10	0,80	0,94	0,95	1,09	0,60	0,14	69,24	41,54	46,04	3,36	49,40	0,54	18,84	30,01	19,39	1,25
26 - 32	100,96	0,10	0,80	1,00	0,95	1,15	0,60	0,20	100,96	60,58	67,14	7,14	74,28	0,79	27,48	46,01	28,27	1,82
32 -33	38,65	0,10	1,00	1,08	1,15	1,23	0,60	0,08	38,67	23,19	31,18	1,05	32,23	0,30	10,52	21,40	10,83	0,70
27 - 33	95,04	0,10	0,80	0,99	0,95	1,14	0,60	0,19	95,04	57,02	63,20	6,32	69,53	0,75	25,87	42,92	26,61	1,71
33 - 34	61,22	0,10	1,08	1,20	1,23	1,35	0,60	0,12	61,23	36,73	52,69	2,62	55,31	0,48	16,66	38,17	17,15	1,10
28 - 34	86,14	0,10	0,80	0,97	0,95	1,12	0,60	0,17	86,15	51,68	57,29	5,19	62,48	0,68	23,44	38,36	24,12	1,55
34 - 35	57,58	0,10	1,20	1,32	1,35	1,47	0,60	0,12	57,60	34,55	54,50	2,32	56,82	0,45	15,67	40,69	16,13	1,04
29 - 35	87,32	0,10	0,80	0,97	0,95	1,12	0,60	0,17	87,33	52,39	58,07	5,34	63,41	0,69	23,77	38,96	24,45	1,57
35 - 36	35,77	0,10	1,32	1,39	1,47	1,54	0,60	0,07	35,80	21,46	36,76	0,90	37,65	0,28	9,74	27,63	10,02	0,64
30 - 36	90,23	0,10	0,80	0,98	0,95	1,13	0,60	0,18	90,24	54,14	60,01	5,70	65,71	0,71	24,56	40,44	25,27	1,62
36 - 55	116,87	0,10	1,39	1,62	1,54	1,77	0,60	0,23	116,88	70,12	125,86	9,56	135,42	0,92	31,81	102,70	32,73	2,10
47 - 48	76,37	0,10	1,62	1,77	1,77	1,92	0,60	0,15	76,39	45,82	94,76	4,08	98,84	0,60	20,79	77,45	21,39	1,37
56 - 48	112,42	0,10	0,80	1,02	0,95	1,17	0,60	0,22	112,42	67,45	74,76	8,85	83,61	0,88	30,60	52,13	31,48	2,02
48 - 49	18	0,10	1,77	1,81	1,92	1,96	0,60	0,04	18,10	10,80	24,39	0,23	24,62	0,14	4,93	19,55	5,07	0,32
37 - 49	108,74	0,10	0,80	1,02	0,95	1,17	0,60	0,22	108,74	65,24	72,31	8,28	80,59	0,85	29,59	50,14	30,45	1,96
49 - 50	50,74	0,10	1,81	1,91	1,96	2,06	0,60	0,10	50,78	30,44	69,70	1,80	71,50	0,40	13,82	57,28	14,22	0,91
57 - 50	108,62	0,10	0,80	1,02	0,95	1,17	0,60	0,22	108,62	65,17	72,24	8,26	80,49	0,85	29,56	50,08	30,41	1,96
50 - 51	14	0,10	1,91	1,94	2,06	2,09	0,60	0,03	14,15	8,40	20,43	0,14	20,57	0,11	3,85	16,61	3,96	0,25
42 - 43	35	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,60	0,07	35,01	21,00	23,28	0,86	24,14	0,27	9,53	14,34	9,80	0,63
38 - 43	44,5	0,10	0,80	0,89	0,95	1,04	0,60	0,09	44,51	26,70	29,60	1,39	30,99	0,35	12,11	18,52	12,46	0,80
43 - 44	23,25	0,10	0,89	0,94	1,04	1,09	0,60	0,05	23,27	13,95	16,93	0,38	17,31	0,18	6,33	10,79	6,52	0,42
39 - 44	53,5	0,10	0,80	0,91	0,95	1,06	0,60	0,11	53,51	32,10	35,58	2,00	37,59	0,42	14,56	22,60	14,98	0,96
44 - 45	27,5	0,10	0,94	0,99	1,09	1,14	0,60	0,05	27,52	16,50	20,91	0,53	21,44	0,22	7,49	13,74	7,71	0,50
40 - 45	52,22	0,10	0,80	0,90	0,95	1,05	0,60	0,10	52,23	31,33	34,73	1,91	36,64	0,41	14,21	22,02	14,62	0,94
45 - 52	47,18	0,10	0,99	1,08	1,14	1,23	0,60	0,09	47,19	28,31	37,68	1,56	39,24	0,37	12,84	26,02	13,21	0,85

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman galian		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II						
46 - 51	38,78	0,10	1,08	1,16	1,23	1,31	0,60	0,08	38,80	23,27	33,54	1,05	34,59	0,30	10,56	23,73	10,86	0,70
51 - 52	25	0,10	1,16	1,21	1,31	1,36	0,60	0,05	25,03	15,00	23,00	0,44	23,44	0,20	6,81	16,43	7,01	0,45
52 - 53	16,21	0,10	0,80	0,83	0,95	0,98	0,60	0,03	16,24	9,73	10,80	0,18	10,98	0,13	4,42	6,44	4,55	0,29
58a - 59	61,58	0,10	0,80	0,92	0,95	1,07	0,60	0,12	61,59	36,95	40,96	2,65	43,61	0,48	16,76	26,37	17,24	1,11
58 - 59	114	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	114,00	68,40	75,81	9,10	84,91	0,89	31,03	52,99	31,92	2,05
59 - 61	55	0,10	1,03	1,14	1,18	1,29	0,60	0,11	55,01	33,00	45,36	2,12	47,48	0,43	14,97	32,08	15,40	0,99
60 - 61	119,5	0,10	0,80	1,04	0,95	1,19	0,60	0,24	119,50	71,70	79,47	10,00	89,47	0,94	32,52	56,01	33,46	2,15
61 - 62	47,36	0,10	1,14	1,23	1,29	1,38	0,60	0,09	47,38	28,42	42,72	1,57	44,29	0,37	12,89	31,02	13,27	0,85
63 - 62	120,39	0,10	0,80	1,04	0,95	1,19	0,60	0,24	120,39	72,23	80,06	10,15	90,21	0,95	32,77	56,50	33,71	2,17
62 - 53	105,81	0,10	1,23	1,44	1,38	1,59	0,60	0,21	105,82	63,49	102,42	7,84	110,26	0,83	28,80	80,63	29,63	1,90
53 - 54	40,7	0,15	1,44	1,53	1,59	1,68	0,60	0,08	40,73	24,42	48,70	1,24	49,95	0,72	13,03	36,20	13,75	0,73
66 - 54	113	0,10	0,80	1,14	0,95	1,29	0,60	0,34	113,00	67,80	75,15	13,41	88,56	0,89	30,75	56,91	31,64	2,03
41 - 54	104,5	0,10	0,80	1,11	0,95	1,26	0,60	0,31	104,50	62,70	69,50	11,47	80,96	0,82	28,44	51,70	29,26	1,88
54 - 55	43	0,15	1,14	1,27	1,29	1,42	0,70	0,13	43,02	30,10	47,13	2,36	49,49	0,76	13,76	34,97	14,52	0,90
64 - 65	72,65	0,10	0,80	1,02	0,95	1,17	0,60	0,22	72,66	43,59	48,32	5,54	53,86	0,57	19,77	33,52	20,34	1,31
65 - 55	126,23	0,10	0,80	1,18	0,95	1,33	0,60	0,38	126,23	75,74	83,95	16,73	100,68	0,99	34,35	65,33	35,35	2,27
55 - 4c	56,44	0,15	1,62	1,79	1,77	1,94	0,60	0,17	56,47	33,86	75,05	3,59	78,64	1,00	18,06	59,58	19,06	1,02
55a - 4c	222,9	0,10	0,80	1,47	0,95	1,62	0,60	0,67	222,90	133,74	148,23	52,17	200,40	1,75	60,66	137,99	62,41	4,01
4c - 4d	15	0,15	3,39	3,39	3,54	3,54	0,60	0,00	15,41	9,00	40,90	0,00	40,90	0,26	4,94	35,70	5,20	0,27
4d - 4e	424,5	0,20	3,39	4,44	3,54	4,59	0,60	1,05	424,51	254,70	1201,78	178,13	1379,91	13,33	156,48	1210,10	169,81	7,64
4e - 4f	70,7	0,20	4,44	4,58	4,59	4,73	0,60	0,14	70,85	42,42	260,03	4,01	264,03	2,22	26,12	235,69	28,34	1,27
74 - 4f	141,28	0,10	0,80	1,08	0,95	1,23	0,60	0,28	141,28	84,77	93,95	13,97	107,93	1,11	38,45	68,37	39,56	2,54
4f - 4g	43	0,20	4,58	4,67	4,73	4,82	0,60	0,09	43,26	25,80	163,66	1,49	165,15	1,35	15,95	147,85	17,30	0,77
75 - 4g	132,5	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	0,60	0,27	132,50	79,50	88,11	12,29	100,40	1,04	36,06	63,30	37,10	2,39
4g - 4h	40,5	0,20	4,67	4,75	4,82	4,90	0,60	0,08	40,79	24,30	157,11	1,32	158,43	1,27	15,04	142,12	16,31	0,73
76 - 4h	134,4	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	0,60	0,27	134,40	80,64	89,38	12,64	102,02	1,06	36,58	64,39	37,63	2,42
4h - 4i	42,3	0,20	4,75	4,83	4,90	4,98	0,60	0,08	42,58	25,38	166,79	1,44	168,23	1,33	15,70	151,20	17,03	0,76
78 - 78a	116	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	116,00	69,60	77,14	9,42	86,56	0,91	31,57	54,08	32,48	2,09
73 - 78a	42	0,10	0,80	0,88	0,95	1,03	0,60	0,08	42,01	25,20	27,94	1,24	29,17	0,33	11,43	17,41	11,76	0,76
78a - 79a	36	0,10	1,03	1,10	1,18	1,25	0,60	0,07	36,02	21,60	29,80	0,91	30,71	0,28	9,80	20,62	10,09	0,65
79 - 79a	116,4	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,60	0,23	116,40	69,84	77,41	9,48	86,89	0,91	31,68	54,30	32,59	2,10
79a - 80a	42,3	0,10	1,10	1,19	1,25	1,34	0,60	0,08	42,32	25,38	37,15	1,25	38,40	0,33	11,52	26,55	11,85	0,76

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman galian		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II						
80 - 80a	112	0,10	1,19	1,41	1,34	1,56	0,60	0,22	112,01	67,20	104,95	8,78	113,74	0,88	30,48	82,37	31,36	2,02
80a - 77a	31,5	0,10	1,19	1,25	1,34	1,40	0,60	0,06	31,53	18,90	29,54	0,70	30,24	0,25	8,58	21,41	8,83	0,57
77 - 77a	122,8	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	0,70	0,25	122,80	85,96	93,33	12,06	105,40	0,96	33,42	71,01	34,39	2,58
77a - 4i	54	0,10	1,25	1,36	1,40	1,51	0,70	0,11	54,02	37,80	60,57	2,33	62,90	0,42	14,70	47,78	15,13	1,13
4i - 4j	41,8	0,25	4,83	4,85	4,98	5,00	0,60	0,02	42,10	25,08	178,22	0,37	178,59	2,05	17,63	158,91	19,68	0,75
81 - 85	73,3	0,10	0,80	0,95	0,95	1,10	0,60	0,15	73,31	43,98	48,75	3,76	52,51	0,58	19,95	31,98	20,53	1,32
84 - 85	35	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,60	0,07	35,01	21,00	23,28	0,86	24,14	0,27	9,53	14,34	9,80	0,63
85 - 83	113,42	0,10	0,95	1,17	1,10	1,32	0,60	0,23	113,43	68,05	87,07	9,01	96,07	0,89	30,87	64,31	31,76	2,04
82 - 83	35	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,60	0,07	35,01	21,00	23,28	0,86	24,14	0,27	9,53	14,34	9,80	0,63
83 - 4j	80,2	0,10	1,17	1,33	1,32	1,48	0,70	0,16	80,21	56,14	84,92	5,15	90,07	0,63	21,83	67,61	22,46	1,68
4j - 4k	44,5	0,25	4,85	4,87	5,00	5,02	0,68	0,02	44,78	30,26	208,29	0,46	208,76	2,18	18,75	187,82	20,93	0,91
86 - 90	74,89	0,10	0,80	0,95	0,95	1,10	0,70	0,15	74,90	52,42	56,92	4,49	61,41	0,59	20,38	40,44	20,97	1,57
89 - 90	39	0,10	0,80	0,88	0,95	1,03	0,72	0,08	39,01	28,08	30,39	1,25	31,64	0,31	10,62	20,71	10,92	0,84
90- 88	114,5	0,10	0,95	1,18	1,10	1,33	0,74	0,23	114,51	84,73	105,78	11,01	116,79	0,90	31,16	84,73	32,06	2,54
87 - 88	35,5	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,76	0,07	35,51	26,98	29,01	1,08	30,10	0,28	9,66	20,15	9,94	0,81
88 - 4k	77,5	0,10	1,18	1,33	1,33	1,48	0,78	0,16	77,51	60,45	90,64	5,29	95,92	0,61	21,09	74,22	21,70	1,81
4k - 4l	35,1	0,25	4,87	4,89	5,02	5,04	0,80	0,02	35,46	28,08	187,04	0,33	187,37	1,72	14,85	170,79	16,58	0,84
92 - 93	114,2	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,82	0,23	114,20	93,64	99,81	12,00	111,81	0,90	31,08	79,84	31,98	2,81
91 - 93	33,2	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	0,84	0,07	33,21	27,89	29,66	1,04	30,70	0,26	9,04	21,40	9,30	0,84
93 - 4l	140,5	0,10	1,03	1,31	1,18	1,46	0,86	0,28	140,50	120,83	158,95	18,95	177,90	1,10	38,24	138,56	39,34	3,62
4l - 4m	44,2	0,25	4,89	4,91	5,04	5,06	0,88	0,02	44,49	38,90	253,43	0,56	253,99	2,17	18,63	233,19	20,80	1,17
94 - 96	116,7	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	0,90	0,23	116,70	105,03	110,87	13,62	124,49	0,92	31,76	91,81	32,68	3,15
95 - 96	30	0,10	0,80	0,86	0,95	1,01	0,92	0,06	30,02	27,60	29,08	0,92	30,00	0,24	8,17	21,60	8,40	0,83
96 - 4m	145,6	0,10	1,03	1,32	1,18	1,47	0,94	0,29	145,60	136,86	179,20	22,05	201,25	1,14	39,63	160,48	40,77	4,11
4m - 4v	55,8	0,25	4,91	4,94	5,06	5,09	0,96	0,03	56,03	53,57	343,28	0,95	344,23	2,74	23,46	318,03	26,19	1,61
4n - 4o	75,4	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	0,98	0,00	75,41	73,89	77,37	0,00	77,37	0,59	20,52	56,25	21,11	2,22
162 - 163	84,5	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	1,00	0,25	84,51	84,50	88,31	11,78	100,09	0,66	23,00	76,43	23,66	2,54
164 - 163	88,7	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	1,02	0,27	88,71	90,47	94,38	13,22	107,60	0,70	24,14	82,76	24,84	2,71
163 - 4o	184,6	0,10	1,07	1,62	1,22	1,77	1,04	0,55	184,60	191,98	255,93	58,27	314,20	1,45	50,24	262,51	51,69	5,76
152 - 153	186,3	0,10	0,80	1,36	0,95	1,51	1,06	0,56	186,30	197,48	205,31	60,39	265,70	1,46	50,70	213,53	52,16	5,92
158 - 153	74,5	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	1,08	0,00	74,51	80,46	83,52	0,00	83,52	0,58	20,28	62,66	20,86	2,41
153 - 154	32,2	0,10	1,36	1,46	1,51	1,61	1,10	0,10	32,24	35,42	58,37	1,87	60,24	0,25	8,77	51,21	9,03	1,06

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman galian		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sis tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II						
159 - 154	88,14	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	1,12	0,00	88,15	98,72	102,16	0,00	102,16	0,69	23,99	77,48	24,68	2,96
154 - 155	26,04	0,10	1,46	1,53	1,61	1,68	1,14	0,08	26,09	29,69	51,94	1,26	53,20	0,20	7,10	45,90	7,31	0,89
160 - 155	85,49	0,10	0,80	0,80	0,95	0,95	1,16	0,00	85,50	99,17	102,34	0,00	102,34	0,67	23,27	78,40	23,94	2,98
155 - 156	22	0,10	1,53	1,60	1,68	1,75	1,18	0,07	22,06	25,96	47,55	0,93	48,48	0,17	6,01	42,30	6,18	0,78
161 - 156	78,3	0,10	0,80	0,53	0,95	0,68	1,20	-0,27	78,31	93,96	96,71	-13,49	83,21	0,61	21,31	61,29	21,93	2,82
156 - 4o	189,5	0,10	1,60	2,17	1,75	2,32	1,22	0,57	189,51	231,19	437,67	71,11	508,77	1,49	51,57	455,71	53,06	6,94
4o -4p	45,2	0,10	2,17	2,21	2,32	2,36	1,24	0,05	45,26	56,05	140,59	1,37	141,96	0,35	12,32	129,29	12,67	1,68
142 - 4p	125,4	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	1,26	0,25	125,40	158,00	162,02	21,39	183,41	0,98	34,13	148,30	35,11	4,74
146 - 4p	136,2	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	1,28	0,27	136,20	174,34	178,56	25,60	204,16	1,07	37,07	166,03	38,14	5,23
4p - 4q	96,7	0,10	2,21	2,41	2,36	2,56	1,30	0,19	96,73	125,71	320,04	13,10	333,14	0,76	26,32	306,05	27,08	3,77
123 - 124	61	0,10	0,80	0,92	0,95	1,07	1,32	0,12	61,01	80,52	82,30	5,28	87,58	0,48	16,60	70,50	17,08	2,42
133 - 124	142,5	0,10	0,80	1,09	0,95	1,24	1,34	0,29	142,50	190,95	194,94	29,24	224,19	1,12	38,78	184,29	39,90	5,73
124 - 125	45,2	0,10	1,09	1,18	1,24	1,33	1,36	0,09	45,22	61,47	81,53	2,98	84,51	0,35	12,31	71,85	12,66	1,84
134 - 125	131,5	0,10	0,80	1,06	0,95	1,21	1,38	0,26	131,50	181,47	184,89	25,59	210,49	1,03	35,79	173,67	36,82	5,44
125 - 126	45,24	0,10	1,18	1,27	1,33	1,42	1,40	0,09	45,26	63,34	89,98	3,07	93,05	0,36	12,32	80,38	12,67	1,90
135 - 126	134	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	1,42	0,27	134,00	190,28	193,50	27,29	220,79	1,05	36,47	183,27	37,52	5,71
126 - 127	45,2	0,10	1,27	1,36	1,42	1,51	1,44	0,09	45,22	65,09	98,60	3,15	101,75	0,35	12,31	89,09	12,66	1,95
136 - 127	131,8	0,10	0,80	1,06	0,95	1,21	1,46	0,26	131,80	192,43	195,33	27,10	222,43	1,03	35,87	185,53	36,90	5,77
127 - 128	46	0,10	1,36	1,45	1,51	1,60	1,48	0,09	46,02	68,08	109,54	3,35	112,88	0,36	12,53	99,99	12,89	2,04
137 - 128	131	0,10	0,80	1,06	0,95	1,21	1,50	0,26	131,00	196,50	199,13	27,46	226,58	1,03	35,65	189,90	36,68	5,90
128 - 129	48	0,10	1,45	1,54	1,60	1,69	1,52	0,10	48,03	72,96	124,35	3,73	128,09	0,38	13,07	114,64	13,45	2,19
138 - 129	132,6	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	1,54	0,27	132,60	204,20	206,60	28,84	235,43	1,04	36,09	198,30	37,13	6,13
129 - 130	75,4	0,10	1,54	1,70	1,69	1,85	1,56	0,15	75,42	117,62	212,12	9,44	221,56	0,59	20,53	200,44	21,12	3,53
139 - 140	61,5	0,10	0,80	0,92	0,95	1,07	1,58	0,12	61,51	97,17	98,17	6,35	104,52	0,48	16,74	87,30	17,22	2,92
141 - 140	35,7	0,10	0,80	0,87	0,95	1,02	1,60	0,07	35,71	57,12	57,68	2,17	59,84	0,28	9,72	49,84	10,00	1,71
140 - 130	35	0,10	0,92	0,99	1,07	1,14	1,62	0,07	35,02	56,70	64,62	2,11	66,73	0,27	9,53	56,93	9,80	1,70
130 -4q	63	0,10	0,80	0,93	0,95	1,08	1,64	0,13	63,01	103,32	104,15	6,91	111,06	0,49	17,15	93,42	17,64	3,10
165-132a	32,3	0,10	1,70	1,76	1,85	1,91	1,66	0,06	32,35	53,62	105,06	1,84	106,90	0,25	8,81	97,84	9,06	1,61
151 - 132a	115	0,10	0,80	1,03	0,95	1,18	1,68	0,23	115,00	193,20	194,47	23,54	218,01	0,90	31,30	185,81	32,20	5,80
132a - 131a	51,7	0,10	1,76	1,86	1,91	2,01	1,70	0,10	51,74	87,89	177,84	4,81	182,65	0,41	14,08	168,16	14,49	2,64
150 - 131a	120,7	0,10	0,80	1,04	0,95	1,19	1,72	0,24	120,70	207,60	208,70	26,52	235,21	0,95	32,85	201,42	33,80	6,23
131a - 130a	38,3	0,10	1,86	1,94	2,01	2,09	1,74	0,08	38,35	66,64	142,06	2,70	144,76	0,30	10,44	134,03	10,74	2,00

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman galian		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2					I	II						
148 - 147	67,2	0,10	0,80	0,93	0,95	1,08	1,76	0,13	67,21	118,27	118,75	8,40	127,15	0,53	18,29	108,34	18,82	3,55
145 - 147	83,4	0,10	0,80	0,97	0,95	1,12	1,78	0,17	83,41	148,45	148,96	13,08	162,04	0,65	22,70	138,69	23,35	4,45
147 - 130a	33	0,10	0,97	1,03	1,12	1,18	1,80	0,07	33,02	59,40	70,06	2,07	72,13	0,26	8,99	62,89	9,25	1,78
130a - 129a	79,2	0,10	1,03	1,19	1,18	1,34	1,82	0,16	79,21	144,14	179,88	12,04	191,93	0,62	21,56	169,75	22,18	4,32
127a - 129a	82	0,10	1,94	2,10	2,09	2,25	1,84	0,16	82,03	150,88	332,53	13,05	345,58	0,64	22,32	322,62	22,97	4,53
129a - 4q	46	0,10	2,10	2,20	2,25	2,35	1,86	0,09	46,06	85,56	203,44	4,15	207,59	0,36	12,53	194,69	12,90	2,57
4q - 4r	155,2	0,15	2,41	2,72	2,56	2,87	1,88	0,31	155,22	291,78	805,62	48,90	854,52	2,74	49,65	802,14	52,39	8,75
108 - 108a	134,5	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	1,90	0,27	134,50	255,55	255,56	36,18	291,74	1,06	36,61	254,08	37,66	7,67
108a - 109a	47,5	0,10	0,80	0,90	0,95	1,05	1,92	0,09	47,51	91,20	91,17	4,56	95,73	0,37	12,93	82,43	13,30	2,74
109 - 109a	133,7	0,10	1,07	1,34	1,22	1,49	1,94	0,27	133,71	259,38	332,49	36,47	368,96	1,05	36,39	331,52	37,44	7,78
109a - 110a	48,9	0,10	0,80	0,90	0,95	1,05	1,96	0,10	48,91	95,84	95,72	4,93	100,64	0,38	13,31	86,95	13,69	2,88
110 - 110a	132	0,10	0,80	1,06	0,95	1,21	1,98	0,26	132,00	261,36	260,84	36,24	297,08	1,04	35,92	260,12	36,96	7,84
110a - 111a	50	0,10	1,06	1,16	1,21	1,31	2,00	0,10	50,01	100,00	127,51	5,25	132,76	0,39	13,61	118,75	14,00	3,00
111 - 111a	134,5	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	2,02	0,27	134,50	271,69	270,89	38,35	309,24	1,06	36,61	271,58	37,66	8,15
111a - 112a	49	0,10	1,16	1,26	1,31	1,41	2,04	0,10	49,02	99,96	137,84	5,14	142,98	0,38	13,34	129,25	13,72	3,00
112 - 112a	134	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	2,06	0,27	134,00	276,04	274,97	38,79	313,76	1,05	36,47	276,24	37,52	8,28
112a - 113a	50	0,10	1,26	1,36	1,41	1,51	2,08	0,10	50,02	104,00	153,97	5,45	159,42	0,39	13,61	145,42	14,01	3,12
113 - 113a	134	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	2,10	0,27	134,00	281,40	280,07	39,50	319,57	1,05	36,47	282,05	37,52	8,44
113a - 114a	50	0,10	1,36	1,46	1,51	1,61	2,12	0,10	50,02	106,00	167,91	5,55	173,46	0,39	13,61	159,45	14,01	3,18
114 - 114a	134	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	2,14	0,27	134,00	286,76	285,16	40,22	325,38	1,05	36,47	287,86	37,52	8,60
114a - 115a	50	0,10	1,46	1,56	1,61	1,71	2,16	0,10	50,03	108,00	182,25	5,65	187,90	0,39	13,61	173,90	14,01	3,24
115 - 115a	134	0,10	0,80	1,07	0,95	1,22	2,18	0,27	134,00	292,12	290,25	40,94	331,19	1,05	36,47	293,67	37,52	8,76
115a - 4r	52	0,10	1,56	1,67	1,71	1,82	2,20	0,10	52,03	114,40	204,87	6,22	211,09	0,41	14,16	196,52	14,57	3,43
122 - 122a	277	0,10	0,80	1,35	0,95	1,50	2,22	0,55	277,00	614,94	610,51	178,01	788,52	2,17	75,39	710,96	77,56	18,45
122a - 121a	48,7	0,10	1,35	1,45	1,50	1,60	2,24	0,10	48,72	109,09	171,47	5,55	177,03	0,38	13,26	163,38	13,64	3,27
121 - 121a	123,2	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	2,26	0,25	123,20	278,43	276,22	35,82	312,04	0,97	33,53	277,55	34,50	8,35
121a - 120a	47,23	0,10	1,45	1,55	1,60	1,70	2,28	0,09	47,26	107,68	180,11	5,31	185,42	0,37	12,86	172,19	13,23	3,23
120 - 120a	120	0,10	0,80	1,04	0,95	1,19	2,30	0,24	120,00	276,00	273,61	34,56	308,17	0,94	32,66	274,57	33,60	8,28
120a - 119a	53	0,10	1,55	1,65	1,70	1,80	2,32	0,11	53,03	122,96	217,62	6,80	224,42	0,42	14,43	209,58	14,85	3,69
119 - 119a	125	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	2,34	0,25	125,00	292,50	289,76	38,13	327,88	0,98	34,02	292,88	35,00	8,78
119a - 118a	52	0,10	1,65	1,76	1,80	1,91	2,36	0,10	52,03	122,72	230,63	6,66	237,29	0,41	14,16	222,72	14,57	3,68
118 - 118a	123	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	2,38	0,25	123,00	292,74	289,80	37,52	327,32	0,97	33,48	292,88	34,44	8,78

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman galian		Lebar Galian	X	Z	Bongkar paving	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1	h2	y1	y2	m			m2	I	II						
118a - 117a	50	0,10	1,76	1,86	1,91	2,01	2,40	0,10	50,04	120,00	238,41	6,25	244,66	0,39	13,62	230,65	14,01	3,60
117 - 117a	123	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	2,42	0,25	123,00	297,66	294,47	38,13	332,60	0,97	33,48	298,16	34,44	8,93
117a - 4r	55	0,10	1,86	1,97	2,01	2,12	2,44	0,11	55,04	134,20	280,40	7,69	288,09	0,43	14,98	272,68	15,41	4,03
4r - 4s	23	0,20	2,72	2,74	2,87	2,89	2,46	0,02	23,18	56,58	176,77	0,71	177,48	0,72	8,55	168,21	9,27	1,70
104a - 103a	82	0,10	0,80	1,05	0,95	1,20	2,48	0,25	82,01	203,36	201,00	26,02	227,02	0,64	22,32	204,06	22,96	6,10
104 - 101	115,7	0,10	0,80	1,15	0,95	1,30	2,50	0,35	115,70	289,25	285,79	52,21	338,00	0,91	31,49	305,60	32,40	8,68
103 - 101	138	0,10	0,80	1,21	0,95	1,36	2,52	0,41	138,00	347,76	343,49	74,84	418,33	1,08	37,56	379,69	38,64	10,43
101 - 103a	48	0,10	1,21	1,36	1,36	1,51	2,54	0,14	48,02	121,92	172,92	9,13	182,04	0,38	13,07	168,60	13,45	3,66
103a - 107a	42	0,10	1,36	1,48	1,51	1,63	2,56	0,13	42,03	107,52	168,58	7,04	175,63	0,33	11,44	163,86	11,77	3,23
107 - 107a	132	0,10	0,80	1,20	0,95	1,35	2,58	0,40	132,00	340,56	336,08	70,05	406,13	1,04	35,92	369,17	36,96	10,22
107a - 106a	45	0,10	1,48	1,62	1,63	1,77	2,60	0,14	45,03	117,00	198,66	8,21	206,87	0,35	12,26	194,26	12,61	3,51
106 - 106a	122,5	0,10	0,80	1,17	0,95	1,32	2,62	0,37	122,50	320,95	316,55	61,23	377,78	0,96	33,34	343,48	34,30	9,63
106a - 105a	44,2	0,10	1,62	1,75	1,77	1,90	2,64	0,13	44,24	116,69	214,41	8,04	222,45	0,35	12,04	210,06	12,39	3,50
105 - 105a	123	0,10	0,80	1,17	0,95	1,32	2,66	0,37	123,00	327,18	322,52	62,64	385,15	0,97	33,48	350,71	34,44	9,82
105a - 4s	45	0,10	1,75	1,89	1,90	2,04	2,68	0,14	45,04	120,60	238,10	8,45	246,55	0,35	12,26	233,94	12,61	3,62
69 - 4s	445	0,10	0,80	2,14	0,95	2,29	2,70	1,34	445,00	1201,50	1183,70	831,71	2015,41	3,49	121,11	1890,81	124,60	36,05
4s - 4t	130	0,20	2,74	2,87	2,89	3,02	2,72	0,13	130,03	353,60	1097,36	24,68	1122,04	4,08	47,93	1070,03	52,01	10,61
97 - 4t	47	0,10	0,80	0,94	0,95	1,09	2,74	0,14	47,01	128,78	126,83	9,41	136,24	0,37	12,79	123,08	13,16	3,86
102 - 4t	137,4	0,10	0,80	1,21	0,95	1,36	2,76	0,41	137,40	379,22	373,32	80,99	454,32	1,08	37,39	415,84	38,47	11,38
4t - 4u	53,5	0,20	2,87	2,92	3,02	3,07	2,78	0,05	53,59	148,73	482,26	4,27	486,54	1,68	19,75	465,10	21,43	4,46
100 - 4u	183	0,10	0,80	1,35	0,95	1,50	2,80	0,55	183,00	512,40	504,17	145,68	649,85	1,44	49,80	598,61	51,24	15,37
4u- 4v	70,3	0,20	2,92	3,03	3,07	3,18	2,82	0,11	70,37	198,25	653,17	11,20	664,38	2,21	25,94	636,23	28,15	5,95
4v - 4w	20	0,25	4,94	5,00	5,09	5,15	2,84	0,06	20,64	56,80	324,68	1,91	326,60	0,98	8,67	316,95	9,65	1,70
4w - IPAL	10	0,25	5,00	5,03	5,15	5,18	2,86	0,02	11,25	28,60	180,22	0,44	180,65	0,49	4,77	175,39	5,26	0,86

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5 Perhitungan BOQ Galian Cluster 5

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman galian		Lebar Galian (m)	X	Z	Bongkar paving m2	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1 (m)	h2 (m)	y1 (m)	y2 (m)					I	II						
1 - 3	123,56	0,10	0,80	1,17	1,05	1,42	0,60	0,37	123,56	74,14	90,82	16,03	106,85	0,97	33,63	72,25	34,60	2,22
2 - 3	43	0,10	0,80	0,93	1,05	1,18	0,60	0,13	43,01	25,80	31,61	1,94	33,56	0,34	11,71	21,51	12,04	0,77
3 - 5a	112,27	0,10	1,17	1,51	1,42	1,76	0,60	0,34	112,28	67,36	111,66	13,24	124,89	0,88	30,56	93,46	31,44	2,02
5a - 5b	47,6	0,10	1,51	1,65	1,76	1,90	0,60	0,14	47,63	28,56	58,60	2,38	60,98	0,37	12,96	47,64	13,34	0,86
4 - 6	113	0,10	0,80	1,14	1,05	1,39	0,60	0,34	113,00	67,80	83,06	13,41	96,47	0,89	30,75	64,83	31,64	2,03
5 - 6	41	0,10	0,80	0,92	1,05	1,17	0,60	0,12	41,01	24,60	30,14	1,77	31,91	0,32	11,16	20,43	11,48	0,74
6 - 5b	119,6	0,10	1,14	1,50	1,39	1,75	0,60	0,36	119,61	71,76	116,29	15,02	131,32	0,94	32,55	97,83	33,49	2,15
5b - 5c	45	0,10	1,65	1,79	1,90	2,04	0,60	0,14	45,04	27,00	59,91	2,13	62,04	0,35	12,26	49,43	12,61	0,81
7 - 9	114,2	0,10	0,80	1,14	1,05	1,39	0,60	0,34	114,20	68,52	83,94	13,69	97,63	0,90	31,08	65,66	31,98	2,06
8 - 9	44,56	0,10	0,80	0,93	1,05	1,18	0,60	0,13	44,57	26,74	32,76	2,09	34,85	0,35	12,13	22,37	12,48	0,80
9 - 5c	114,07	0,10	1,14	1,48	1,39	1,73	0,60	0,34	114,08	68,44	111,21	13,66	124,87	0,90	31,05	92,93	31,94	2,05
5c - 5d	46,3	0,10	1,79	1,97	2,04	2,22	0,60	0,19	46,34	27,78	66,03	3,00	69,03	0,36	12,61	56,05	12,98	0,83
10 - 12	113,09	0,10	0,80	1,14	1,05	1,39	0,60	0,34	113,09	67,85	83,12	13,43	96,55	0,89	30,78	64,89	31,67	2,04
11 - 12	41	0,10	0,80	0,92	1,05	1,17	0,60	0,12	41,01	24,60	30,14	1,77	31,91	0,32	11,16	20,43	11,48	0,74
12 - 5d	109	0,10	1,14	1,47	1,39	1,72	0,60	0,33	109,01	65,40	106,01	12,48	118,49	0,86	29,67	87,96	30,52	1,96
5d - 5e	55,45	0,10	1,97	2,14	2,22	2,39	0,60	0,17	55,49	33,27	86,26	3,23	89,49	0,44	15,10	73,95	15,54	1,00
13 - 15	101,48	0,10	0,80	1,10	1,05	1,35	0,60	0,30	101,49	60,89	74,59	10,81	85,41	0,80	27,62	56,99	28,42	1,83
14 - 15	51	0,10	0,80	0,95	1,05	1,20	0,60	0,15	51,01	30,60	37,49	2,73	40,22	0,40	13,88	25,94	14,28	0,92
15 - 5e	113,99	0,10	1,10	1,45	1,35	1,70	0,60	0,34	114,00	68,39	108,08	13,64	121,73	0,89	31,02	89,81	31,92	2,05
5e - 5f	54	0,10	2,14	2,35	2,39	2,60	0,60	0,22	54,05	32,40	90,31	4,09	94,40	0,42	14,71	79,26	15,13	0,97
16 - 5f	219	0,10	0,80	1,46	1,05	1,71	0,60	0,66	219,00	131,40	160,97	50,36	211,33	1,72	59,60	150,01	61,32	3,94
17 - 18	216,4	0,10	0,80	1,45	1,05	1,70	0,60	0,65	216,40	129,84	159,06	49,17	208,23	1,70	58,89	147,63	60,59	3,90
18 - 5f	74,78	0,10	1,46	1,68	1,71	1,93	0,60	0,22	74,80	44,87	89,38	5,87	95,25	0,59	20,36	74,31	20,94	1,35
5f - 5g	207,93	0,15	2,35	3,39	2,65	3,69	0,70	1,04	207,95	145,55	468,90	91,88	560,78	3,67	66,51	490,60	70,18	4,37

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman galian		Lebar Galian (m)	X	Z	Bongkar paving m2	Volume galian (m³)		Volume galian total (m³)	Volume pipa (m³)	Volume urugan pasir (m³)	Volume tanah urug (m³)	Volume sisa tanah galian (m³)	Pasir paving
			h1 (m)	h2 (m)	y1 (m)	y2 (m)					I	II						
5g - 5h	45	0,15	3,39	3,62	3,69	3,92	0,70	0,23	45,15	31,50	141,71	4,32	146,03	0,79	14,44	130,79	15,24	0,95
24 - 26	105,44	0,10	0,80	1,12	1,05	1,37	0,60	0,32	105,45	63,26	77,50	11,67	89,18	0,83	28,70	59,65	29,52	1,90
25 - 26	43,86	0,10	0,80	0,93	1,05	1,18	0,60	0,13	43,87	26,32	32,25	2,02	34,27	0,34	11,94	21,98	12,28	0,79
26 - 5h	98,52	0,10	1,12	1,41	1,37	1,66	0,60	0,30	98,53	59,11	94,24	10,19	104,43	0,77	26,81	76,84	27,59	1,77
5h - 5i	42	0,15	3,62	3,79	3,92	4,09	0,70	0,17	42,18	29,40	140,46	3,01	143,47	0,74	13,49	129,24	14,24	0,88
27 - 29	94,16	0,10	0,80	1,08	1,05	1,33	0,60	0,28	94,17	56,50	69,21	9,31	78,52	0,74	25,63	52,16	26,37	1,69
28 - 29	43,09	0,10	0,80	0,93	1,05	1,18	0,60	0,13	43,10	25,85	31,68	1,95	33,63	0,34	11,73	21,56	12,07	0,78
29 - 5i	111,5	0,10	1,45	1,78	1,70	2,03	0,60	0,33	111,51	66,90	132,64	13,06	145,69	0,88	30,35	114,47	31,22	2,01
5i - 5j	42,7	0,15	3,79	3,91	4,09	4,21	0,70	0,13	42,90	29,89	148,96	2,34	151,30	0,75	13,72	136,82	14,48	0,90
30 - 33	94,03	0,10	0,80	1,08	1,05	1,33	0,60	0,28	94,04	56,42	69,12	9,28	78,40	0,74	25,59	52,07	26,33	1,69
31 - 33	37,84	0,10	0,80	0,91	1,05	1,16	0,60	0,11	37,85	22,70	27,82	1,50	29,33	0,30	10,30	18,73	10,60	0,68
33 - 5j	105,31	0,10	1,08	1,40	1,33	1,65	0,60	0,32	105,32	63,19	98,21	11,65	109,85	0,83	28,66	80,36	29,49	1,90
5j - 5k	47,09	0,15	3,91	4,05	4,21	4,35	0,70	0,14	47,28	32,96	169,33	2,84	172,17	0,83	15,12	156,21	15,96	0,99
34 - 36	106,14	0,10	0,80	1,12	1,05	1,37	0,60	0,32	106,15	63,68	78,02	11,83	89,85	0,83	28,89	60,13	29,72	1,91
35 - 36	40,19	0,10	0,80	0,92	1,05	1,17	0,60	0,12	40,20	24,11	29,55	1,70	31,25	0,32	10,94	19,99	11,26	0,72
36 - 5k	95,22	0,10	1,12	1,40	1,37	1,65	0,60	0,29	95,23	57,13	91,22	9,52	100,74	0,75	25,92	74,08	26,66	1,71
37 - 39	106	0,10	0,80	1,12	1,05	1,37	0,60	0,32	106,01	63,60	77,91	11,80	89,71	0,83	28,85	60,03	29,68	1,91
38 - 39	36,62	0,10	0,80	0,91	1,05	1,16	0,60	0,11	36,64	21,97	26,93	1,41	28,34	0,29	9,97	18,08	10,26	0,66
39 - 41	100,28	0,10	1,12	1,42	1,37	1,67	0,60	0,30	100,29	60,17	96,04	10,56	106,60	0,79	27,29	78,52	28,08	1,81
40 - 41	30	0,10	0,80	0,89	1,05	1,14	0,60	0,09	30,02	18,00	22,06	0,95	23,01	0,24	8,17	14,60	8,41	0,54
41 - 5k	44,63	0,10	1,42	1,55	1,67	1,80	0,60	0,13	44,66	26,78	52,17	2,09	54,27	0,35	12,15	41,76	12,51	0,80
5k - 5l	145	0,15	4,05	4,49	4,35	4,79	0,70	0,44	145,07	101,50	536,98	26,82	563,80	2,56	46,40	514,84	48,96	3,05
19 - 20	414,28	0,10	0,80	2,04	1,05	2,29	0,60	1,24	414,28	248,57	304,50	180,21	484,71	3,25	112,75	368,71	116,00	7,46
20 - 22	77,21	0,10	2,04	2,27	2,29	2,52	0,60	0,23	77,24	46,33	123,98	6,26	130,24	0,61	21,02	108,61	21,63	1,39
21 - 22	195	0,10	0,80	1,39	1,05	1,64	0,60	0,59	195,00	117,00	143,33	39,93	183,25	1,53	53,07	128,65	54,60	3,51

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman galian		Lebar Galian (m)	X	Z	Bongkar paving m2	Volume galian (m ³)		Volume galian total (m ³)	Volume pipa (m ³)	Volume urugan pasir (m ³)	Volume tanah urug (m ³)	Volume sisa tanah galian (m ³)	Pasir paving
			h1 (m)	h2 (m)	y1 (m)	y2 (m)					I	II						
22 - 23	180,17	0,10	2,27	2,81	2,52	3,06	0,60	0,54	180,19	108,10	318,41	34,09	352,50	1,41	49,04	302,05	50,45	3,24
23 - 5m	15	0,10	2,81	2,86	3,06	3,11	0,60	0,04	15,31	9,00	32,85	0,24	33,09	0,12	4,17	28,80	4,29	0,27
43 - 44	43,5	0,10	0,80	0,93	1,05	1,18	0,60	0,13	43,51	26,10	31,98	1,99	33,97	0,34	11,84	21,79	12,18	0,78
42 - 44	140,12	0,10	0,80	1,22	1,05	1,47	0,60	0,42	140,12	84,07	102,99	20,62	123,61	1,10	38,13	84,37	39,23	2,52
44 - 46	48,13	0,10	1,22	1,36	1,47	1,61	0,60	0,14	48,15	28,88	49,56	2,43	51,99	0,38	13,10	38,51	13,48	0,87
45 - 46	140,5	0,10	0,80	1,22	1,05	1,47	0,60	0,42	140,50	84,30	103,27	20,73	124,00	1,10	38,24	84,66	39,34	2,53
46 - 48	29,71	0,10	1,36	1,45	1,61	1,70	0,60	0,09	29,75	17,83	33,63	0,93	34,56	0,23	8,10	26,23	8,33	0,53
47 - 48	147	0,10	0,80	1,24	1,05	1,49	0,60	0,44	147,00	88,20	108,05	22,69	130,74	1,15	40,01	89,58	41,16	2,65
48 - 5l	46,8	0,10	1,45	1,59	1,70	1,84	0,60	0,14	46,83	28,08	55,86	2,30	58,16	0,37	12,75	45,04	13,11	0,84
5l - 5m	15,92	0,15	4,49	4,54	4,79	4,84	0,70	0,05	16,62	11,14	67,69	0,34	68,02	0,28	5,33	62,41	5,61	0,33
5m - IPAL	10	0,15	4,54	4,57	4,84	4,87	0,70	0,03	11,11	7,00	45,68	0,14	45,82	0,18	3,57	42,07	3,75	0,21

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 6 Perhitungan BOQ Tenaga Kerja Cluster 1

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m ³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m ³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m ³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
1a - 1b	167,68	111,51	83,6	2,8	45,63	13,7	0,5	46,95	15,5	1,4	4,7
5 - 1	113,6	75,55	56,7	1,9	30,92	9,3	0,3	31,81	10,5	1,0	3,2
1 - 2	45	32,06	24,0	0,8	12,25	3,7	0,1	12,60	4,2	0,4	1,3
6 - 2	114,98	76,46	57,3	1,9	31,29	9,4	0,3	32,20	10,6	1,0	3,2
2 - 3	46,51	37,61	28,2	0,9	12,66	3,8	0,1	13,03	4,3	0,4	1,3
7 - 3	115	76,48	57,4	1,9	31,30	9,4	0,3	32,20	10,6	1,0	3,2
3 - 4	53,37	48,75	36,6	1,2	14,53	4,4	0,1	14,95	4,9	0,4	1,5
8 - 4	136,6	90,84	68,1	2,3	37,18	11,2	0,4	38,25	12,6	1,1	3,8
4 - 1b	151,69	171,19	128,4	4,3	41,28	12,4	0,4	42,47	14,0	1,3	4,2
9 - 1b	142,19	98,10	73,6	2,5	38,70	11,6	0,4	39,81	13,1	1,2	4,0
1b - 1c	17,2	22,28	16,7	0,6	4,71	1,4	0,0	4,84	1,6	0,1	0,5
10 - 12	170	113,05	84,8	2,8	46,27	13,9	0,5	47,60	15,7	1,4	4,8
11 - 12	86,27	57,37	43,0	1,4	23,48	7,0	0,2	24,16	8,0	0,7	2,4
12 - 14	66,3	44,09	33,1	1,1	18,05	5,4	0,2	18,57	6,1	0,6	1,9
13- 14	119	79,14	59,4	2,0	32,39	9,7	0,3	33,32	11,0	1,0	3,3
14 - 18	42,46	28,24	21,2	0,7	11,56	3,5	0,1	11,89	3,9	0,4	1,2
15 - 18	123,66	98,29	73,7	2,5	33,66	10,1	0,3	34,63	11,4	1,0	3,5
18 - 19	63,29	58,54	43,9	1,5	17,23	5,2	0,2	17,73	5,8	0,5	1,8
20 - 19	122,65	97,36	73,0	2,4	33,38	10,0	0,3	34,34	11,3	1,0	3,4
19 - 21	15	13,89	10,4	0,3	4,10	1,2	0,0	4,22	1,4	0,1	0,4
17 - 21	125	83,13	62,3	2,1	34,02	10,2	0,3	35,00	11,6	1,1	3,5
21 - 1c	221,5	204,35	153,3	5,1	60,28	18,1	0,6	62,02	20,5	1,9	6,2
1c - 1d	111,08	169,18	126,9	4,2	30,23	9,1	0,3	31,11	10,3	0,9	3,1
40 - 41	125,72	105,73	79,3	2,6	34,22	10,3	0,3	35,20	11,6	1,1	3,5
42 - 41	46,52	33,97	25,5	0,8	12,66	3,8	0,1	13,03	4,3	0,4	1,3
39 - 38	109,5	72,82	54,6	1,8	29,80	8,9	0,3	30,66	10,1	0,9	3,1
41 - 38	80	90,34	67,8	2,3	21,78	6,5	0,2	22,40	7,4	0,7	2,2
38 - 37	157,67	230,49	172,9	5,8	42,91	12,9	0,4	44,15	14,6	1,3	4,4
35 - 36	156,3	138,14	103,6	3,5	42,54	12,8	0,4	43,76	14,4	1,3	4,4
34 - 36	59,53	44,55	33,4	1,1	16,20	4,9	0,2	16,67	5,5	0,5	1,7

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
36 - 37	45,16	52,68	39,5	1,3	12,30	3,7	0,1	12,65	4,2	0,4	1,3
37 - 1d	75,8	134,34	100,8	3,4	20,64	6,2	0,2	21,23	7,0	0,6	2,1
1d - 1e	70,6	138,91	104,2	3,5	19,23	5,8	0,2	19,78	6,5	0,6	2,0
22 - 29	130,5	101,49	76,1	2,5	35,52	10,7	0,4	36,54	12,1	1,1	3,7
29 - 30	45	42,92	32,2	1,1	12,25	3,7	0,1	12,61	4,2	0,4	1,3
23 - 30	125,7	105,71	79,3	2,6	34,21	10,3	0,3	35,20	11,6	1,1	3,5
30 - 31	49,5	53,79	40,3	1,3	13,48	4,0	0,1	13,87	4,6	0,4	1,4
24 - 31	128,65	108,73	81,5	2,7	35,01	10,5	0,4	36,02	11,9	1,1	3,6
31 - 32	51,21	62,88	47,2	1,6	13,94	4,2	0,1	14,35	4,7	0,4	1,4
25 - 32	129,7	109,80	82,4	2,7	35,30	10,6	0,4	36,32	12,0	1,1	3,6
32 - 33	111	157,57	118,2	3,9	30,21	9,1	0,3	31,08	10,3	0,9	3,1
27 - 28	91,34	72,43	54,3	1,8	24,86	7,5	0,2	25,58	8,4	0,8	2,6
26 - 28	77,07	59,57	44,7	1,5	20,98	6,3	0,2	21,58	7,1	0,6	2,2
28 - 33	67,2	68,21	51,2	1,7	18,29	5,5	0,2	18,82	6,2	0,6	1,9
33 - 1e	75,77	92,08	69,1	2,3	20,63	6,2	0,2	21,22	7,0	0,6	2,1
1e - 1f	77	159,68	119,8	4,0	20,97	6,3	0,2	21,58	7,1	0,6	2,2
43 - 45	72,7	49,50	37,1	1,2	19,79	5,9	0,2	20,36	6,7	0,6	2,0
44 - 45	64	43,19	32,4	1,1	17,42	5,2	0,2	17,92	5,9	0,5	1,8
45 - 46	48,62	33,88	25,4	0,8	13,23	4,0	0,1	13,62	4,5	0,4	1,4
47 - 46	64,22	42,71	32,0	1,1	17,48	5,2	0,2	17,98	5,9	0,5	1,8
46 - 51	43	29,97	22,5	0,7	11,71	3,5	0,1	12,04	4,0	0,4	1,2
50 - 51	108,19	80,14	60,1	2,0	29,45	8,8	0,3	30,29	10,0	0,9	3,0
51 - 52	63,05	51,49	38,6	1,3	17,16	5,1	0,2	17,66	5,8	0,5	1,8
75 - 52	94,5	69,10	51,8	1,7	25,72	7,7	0,3	26,46	8,7	0,8	2,6
52 - 54	45,67	37,30	28,0	0,9	12,43	3,7	0,1	12,79	4,2	0,4	1,3
53 - 54	64,6	42,96	32,2	1,1	17,58	5,3	0,2	18,09	6,0	0,5	1,8
54 - 58	44,5	37,73	28,3	0,9	12,11	3,6	0,1	12,46	4,1	0,4	1,2
55 - 56	40,44	26,90	20,2	0,7	11,01	3,3	0,1	11,33	3,7	0,3	1,1
48 - 56	93,33	68,17	51,1	1,7	25,40	7,6	0,3	26,13	8,6	0,8	2,6
56 - 57	21	16,73	12,6	0,4	5,72	1,7	0,1	5,89	1,9	0,2	0,6
49 - 57	85	58,61	44,0	1,5	23,13	6,9	0,2	23,80	7,9	0,7	2,4

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
57 - 58	67,43	53,66	40,2	1,3	18,35	5,5	0,2	18,88	6,2	0,6	1,9
58 - 60	52,6	41,96	31,5	1,0	14,32	4,3	0,1	14,73	4,9	0,4	1,5
59 - 60	134,82	89,66	67,2	2,2	36,69	11,0	0,4	37,75	12,5	1,1	3,8
60 - 1f	77,66	62,08	46,6	1,6	21,14	6,3	0,2	21,75	7,2	0,7	2,2
1f - 1g	63,82	167,72	125,8	4,2	20,44	6,1	0,2	21,56	7,1	0,6	2,2
16 - 1ba	868,95	577,85	433,4	14,4	236,48	70,9	2,4	243,31	80,3	7,3	24,3
1ba - 1bb	80,4	63,07	47,3	1,6	21,88	6,6	0,2	22,51	7,4	0,7	2,3
72 - 69	105,7	70,29	52,7	1,8	28,77	8,6	0,3	29,60	9,8	0,9	3,0
68 - 69	45,72	30,41	22,8	0,8	12,45	3,7	0,1	12,80	4,2	0,4	1,3
69 - 70	57,46	40,53	30,4	1,0	15,64	4,7	0,2	16,09	5,3	0,5	1,6
73 - 70	92,18	67,25	50,4	1,7	25,09	7,5	0,3	25,81	8,5	0,8	2,6
70 - 71	54,8	43,52	32,6	1,1	14,92	4,5	0,1	15,35	5,1	0,5	1,5
74 - 71	83,37	57,39	43,0	1,4	22,69	6,8	0,2	23,35	7,7	0,7	2,3
71 - 1bb	60,54	50,65	38,0	1,3	16,48	4,9	0,2	16,95	5,6	0,5	1,7
1bb - 1bc	54,2	51,83	38,9	1,3	14,75	4,4	0,1	15,18	5,0	0,5	1,5
67 - 1 bc	203,59	185,81	139,4	4,6	55,41	16,6	0,6	57,01	18,8	1,7	5,7
1bc - 1bd	40,12	48,86	36,6	1,2	10,93	3,3	0,1	11,24	3,7	0,3	1,1
66 - 1bd	204	164,51	123,4	4,1	55,52	16,7	0,6	57,12	18,8	1,7	5,7
1bd - 1g	70,42	92,36	69,3	2,3	19,17	5,8	0,2	19,72	6,5	0,6	2,0
76 - 1 aa	115,19	76,60	57,5	1,9	31,35	9,4	0,3	32,25	10,6	1,0	3,2
1aa - 1ab	46,94	68,22	51,2	1,7	12,79	3,8	0,1	13,15	4,3	0,4	1,3
61 - 1 ab	127	101,17	75,9	2,5	34,56	10,4	0,3	35,56	11,7	1,1	3,6
1ab - 1ac	52,76	83,95	63,0	2,1	14,37	4,3	0,1	14,79	4,9	0,4	1,5
62 - 1ac	131,97	105,73	79,3	2,6	35,92	10,8	0,4	36,95	12,2	1,1	3,7
1 ac - 1h	184,67	351,64	263,7	8,8	50,26	15,1	0,5	51,71	17,1	1,6	5,2
1g - 1h	80,71	231,89	173,9	5,8	25,84	7,8	0,3	27,26	9,0	0,8	2,7
1h - 1i	56,11	174,48	130,9	4,4	17,98	5,4	0,2	18,97	6,3	0,6	1,9
65 - 1i	173,54	143,99	108,0	3,6	47,23	14,2	0,5	48,59	16,0	1,5	4,9
1i - 1j	51,81	149,65	112,2	3,7	16,62	5,0	0,2	17,53	5,8	0,5	1,8
63 - 1k	175	169,66	127,2	4,2	47,63	14,3	0,5	49,00	16,2	1,5	4,9
64 - 1k	76,81	61,35	46,0	1,5	20,91	6,3	0,2	21,51	7,1	0,6	2,2

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
1k - 1j	17,8	11,91	8,9	0,3	4,85	1,5	0,0	4,99	1,6	0,1	0,5
1j - IPAL	5	21,20	15,9	0,5	2,06	0,6	0,0	2,14	0,7	0,1	0,2

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 7 Perhitungan BOQ Tenaga Kerja Cluster 2

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
2a -2b	76,5	56,23	42,17	1,41	62,38	18,71	0,62	0,60	0,20	0,02	0,06
1 - 2b	204,52	150,32	112,74	3,76	194,24	58,27	1,94	1,61	0,53	0,05	0,16
2 - 2b	232,94	171,21	128,41	4,28	228,19	68,46	2,28	1,83	0,60	0,05	0,18
2b - 2c	76	93,06	69,80	2,33	101,15	30,35	1,01	0,60	0,20	0,02	0,06
7 - 6	257,43	189,21	141,91	4,73	258,80	77,64	2,59	2,02	0,67	0,06	0,20
5 - 6	33,43	24,58	18,44	0,61	25,76	7,73	0,26	0,26	0,09	0,01	0,03
6 - 2c	144,47	184,30	138,23	4,61	206,22	61,87	2,06	1,13	0,37	0,03	0,11
4 - 2c	416,67	306,25	229,69	7,66	488,55	146,56	4,89	3,27	1,08	0,10	0,33
2c - 2d	101,65	163,70	122,77	4,09	181,79	54,54	1,82	0,80	0,26	0,02	0,08
8 - 9	83,27	61,21	45,91	1,53	68,49	20,55	0,68	0,65	0,22	0,02	0,07
9a - 9	45,88	33,73	25,30	0,84	35,94	10,78	0,36	0,36	0,12	0,01	0,04
9 - 2d	107,2	97,54	73,16	2,44	109,61	32,88	1,10	0,84	0,28	0,03	0,08
14 - 13	142,2	104,52	78,39	2,61	125,75	37,73	1,26	1,12	0,37	0,03	0,11
12 - 13	22	16,19	12,14	0,40	16,70	5,01	0,17	0,17	0,06	0,01	0,02
13 - 11	102,17	105,62	79,21	2,64	116,58	34,97	1,17	0,80	0,26	0,02	0,08
10 - 11	22	16,19	12,14	0,40	16,70	5,01	0,17	0,17	0,06	0,01	0,02

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
11 - 2d	144	112,50	84,37	2,81	134,27	40,28	1,34	1,13	0,37	0,03	0,11
2d - 2e	127,64	250,97	188,23	6,27	279,49	83,85	2,79	1,00	0,33	0,03	0,10
16 - 18	72,7	53,44	40,08	1,34	58,99	17,70	0,59	0,57	0,19	0,02	0,06
17 - 18	45,4	33,38	25,03	0,83	35,54	10,66	0,36	0,36	0,12	0,01	0,04
18 - 2e	120,35	106,84	80,13	2,67	122,05	36,61	1,22	0,94	0,31	0,03	0,09
19 - 2e	139,8	102,76	77,07	2,57	123,28	36,98	1,23	1,10	0,36	0,03	0,11
2e - 2f	280	675,56	506,67	16,89	785,33	235,60	7,85	2,20	0,73	0,07	0,22
35 - 33	445,46	327,41	245,56	8,19	535,77	160,73	5,36	3,50	1,15	0,10	0,35
33 - 2h	200	334,12	250,59	8,35	376,12	112,84	3,76	1,57	0,52	0,05	0,16
34 - 2h	410	301,35	226,01	7,53	477,86	143,36	4,78	3,22	1,06	0,10	0,32
2h - 2g	55,34	40,68	30,51	1,02	46,04	13,81	0,46	0,43	0,14	0,01	0,04
25 - 27	73,6	54,10	40,58	1,35	59,79	17,94	0,60	0,58	0,19	0,02	0,06
26 - 27	50	36,76	27,57	0,92	39,38	11,82	0,39	0,39	0,13	0,01	0,04
27 - 2g	121	107,64	80,73	2,69	123,02	36,90	1,23	0,95	0,31	0,03	0,09
28 - 29	147,5	108,42	81,31	2,71	131,26	39,38	1,31	1,16	0,38	0,03	0,12
31 - 29	25	18,39	13,79	0,46	19,05	5,71	0,19	0,20	0,06	0,01	0,02
29 - 30	103,46	108,10	81,08	2,70	119,34	35,80	1,19	0,81	0,27	0,02	0,08
32 - 30	30	22,06	16,55	0,55	23,01	6,90	0,23	0,24	0,08	0,01	0,02
30 - 2g	157,2	198,40	148,80	4,96	224,35	67,31	2,24	1,23	0,41	0,04	0,12
2g - 2f	51,85	82,63	61,97	2,07	85,46	25,64	0,85	0,41	0,13	0,01	0,04
22 - 24	79,66	58,56	43,92	1,46	65,22	19,57	0,65	0,63	0,21	0,02	0,06
23 - 24	39,06	28,72	21,54	0,72	30,32	9,10	0,30	0,31	0,10	0,01	0,03
24 - 2f	120	108,28	81,21	2,71	123,40	37,02	1,23	0,94	0,31	0,03	0,09
2f - 2m	153,31	601,86	451,39	15,05	631,84	189,55	6,32	2,71	0,89	0,08	0,27
15 - 2i	160	117,60	88,20	2,94	144,48	43,34	1,44	1,26	0,41	0,04	0,13

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
2i - 2j	50	53,58	40,18	1,34	56,20	16,86	0,56	0,39	0,13	0,01	0,04
21 - 2j	73,5	54,03	40,52	1,35	59,70	17,91	0,60	0,58	0,19	0,02	0,06
2j - 2k	46,49	54,71	41,03	1,37	56,98	17,09	0,57	0,36	0,12	0,01	0,04
20 - 2k	74,83	55,01	41,25	1,38	60,89	18,27	0,61	0,59	0,19	0,02	0,06
2k-2l	54,36	69,27	51,95	1,73	72,38	21,71	0,72	0,43	0,14	0,01	0,04
29- 2l	42,15	30,99	23,24	0,77	32,86	9,86	0,33	0,33	0,11	0,01	0,03
2l - 2m	109,02	151,32	113,49	3,78	163,80	49,14	1,64	0,86	0,28	0,03	0,09
30 - 2m	44,5	32,72	24,54	0,82	34,80	10,44	0,35	0,35	0,12	0,01	0,03
2m - 2n	5	30,75	23,06	0,77	30,79	9,24	0,31	0,09	0,03	0,00	0,01
36 - 2n	70	51,46	38,59	1,29	56,60	16,98	0,57	0,55	0,18	0,02	0,05
2n - IPAL	5	30,88	23,16	0,77	30,93	9,28	0,31	0,09	0,03	0,00	0,01

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8 Perhitungan BOQ Tenaga Kerja Cluster 3

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
18 - 3k	184,5	182,27	136,7	4,6	50,21	15,1	0,5	51,66	17,0	1,5	5,2
181 - 3l	171,43	165,43	124,1	4,1	46,66	14,0	0,5	48,00	15,8	1,4	4,8
3k - 3l	56,71	80,00	60,0	2,0	15,44	4,6	0,2	15,89	5,2	0,5	1,6
3l - IPAL 1	3	5,60	4,2	0,1	1,01	0,3	0,0	1,03	0,3	0,0	0,1
Pelayanan 2											
17 - 3j	147	105,91	79,4	2,6	40,01	12,0	0,4	41,16	13,6	1,2	4,1
16 - 3i	128	118,82	89,1	3,0	34,84	10,5	0,3	35,84	11,8	1,1	3,6
3i - 3j	50,53	49,48	37,1	1,2	13,76	4,1	0,1	14,15	4,7	0,4	1,4

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
3j - IPAL 2	4	2,99	2,2	0,1	1,12	0,3	0,0	1,15	0,4	0,0	0,1
pelayanan 3											
14 - 3g	115	83,95	63,0	2,1	31,30	9,4	0,3	32,20	10,6	1,0	3,2
15 - 3h	110,75	127,53	95,6	3,2	30,14	9,0	0,3	31,01	10,2	0,9	3,1
3g - 3h	50	65,50	49,1	1,6	13,62	4,1	0,1	14,01	4,6	0,4	1,4
3h - IPAL 3	3	5,11	3,8	0,1	0,98	0,3	0,0	1,01	0,3	0,0	0,1
pelayanan 4											
13 - 3f	110	163,40	122,6	4,1	29,94	9,0	0,3	30,81	10,2	0,9	3,1
12 - 3f	113	84,06	63,0	2,1	30,75	9,2	0,3	31,64	10,4	0,9	3,2
3e - 3f	53,2	39,68	29,8	1,0	14,48	4,3	0,1	14,90	4,9	0,4	1,5
3f - IPAL 4	4	7,35	5,5	0,2	1,25	0,4	0,0	1,29	0,4	0,0	0,1
pelayanan 5											
9 - 3d	114,5	189,59	142,2	4,7	31,17	9,4	0,3	32,07	10,6	1,0	3,2
6 - 3c	113	210,56	157,9	5,3	36,15	10,8	0,4	38,15	12,6	1,1	3,8
3c - 3d	54	38,53	28,9	1,0	14,70	4,4	0,1	15,12	5,0	0,5	1,5
3d - IPAL 5	4	3,02	2,3	0,1	1,12	0,3	0,0	1,15	0,4	0,0	0,1
pelayanan 6											
3 - 3b	132	96,56	72,4	2,4	35,92	10,8	0,4	36,96	12,2	1,1	3,7
3a -3b	125,5	113,37	85,0	2,8	34,16	10,2	0,3	35,14	11,6	1,1	3,5
1 - 4	110	79,79	59,8	2,0	29,94	9,0	0,3	30,80	10,2	0,9	3,1
2 - 5	105	103,59	77,7	2,6	28,58	8,6	0,3	29,40	9,7	0,9	2,9
6 - 5	56,71	41,18	30,9	1,0	15,44	4,6	0,2	15,88	5,2	0,5	1,6
5 - 4	3	2,29	1,7	0,1	0,86	0,3	0,0	0,88	0,3	0,0	0,1
4 - 3c	52	67,32	50,5	1,7	14,16	4,2	0,1	14,57	4,8	0,4	1,5
3b - 3c	0	0,71	0,5	0,0	0,27	0,1	0,0	0,27	0,1	0,0	0,0
3b - 3c	45	61,26	45,9	1,5	12,26	3,7	0,1	12,61	4,2	0,4	1,3
pelayanan 7											
13 - 3f	116,8	169,79	127,3	4,2	31,79	9,5	0,3	32,71	10,8	1,0	3,3
12 - 3f	117	80,67	60,5	2,0	31,84	9,6	0,3	32,76	10,8	1,0	3,3
3e - 3f	52	38,67	29,0	1,0	14,15	4,2	0,1	14,56	4,8	0,4	1,5
pelayanan 8											

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
38 - 39	79	55,43	41,6	1,4	21,50	6,5	0,2	22,12	7,3	0,7	2,2
39 -37	109,6	97,72	73,3	2,4	29,83	8,9	0,3	30,69	10,1	0,9	3,1
36 - 37	95,3	89,23	66,9	2,2	25,94	7,8	0,3	26,69	8,8	0,8	2,7
35 -3p	35,7	26,60	19,9	0,7	9,72	2,9	0,1	10,00	3,3	0,3	1,0
3p - 3o	56,71	48,96	36,7	1,2	15,44	4,6	0,2	15,88	5,2	0,5	1,6
pelayanan 9											
34 - 3q	184,5	211,17	158,4	5,3	50,21	15,1	0,5	51,66	17,0	1,5	5,2
33 - 3r	171,43	134,34	100,8	3,4	46,66	14,0	0,5	48,00	15,8	1,4	4,8
pelayanan 10											
32 - 3s	184,5	165,88	124,4	4,1	50,21	15,1	0,5	51,66	17,0	1,5	5,2
31 - 3t	171,43	424,74	318,6	10,6	46,66	14,0	0,5	48,01	15,8	1,4	4,8
3t - 3s	32	105,41	79,1	2,6	8,80	2,6	0,1	9,05	3,0	0,3	0,9
pelayanan 11											
30 - 3u	184,5	140,05	105,0	3,5	50,21	15,1	0,5	51,66	17,0	1,5	5,2
29 - 3v	171,43	592,85	444,6	14,8	46,67	14,0	0,5	48,02	15,8	1,4	4,8
3V - 3u	171,43	127,92	95,9	3,2	46,66	14,0	0,5	48,00	15,8	1,4	4,8
3V - 3u	34	23,62	17,7	0,6	9,26	2,8	0,1	9,52	3,1	0,3	1,0
3u - IPAL 11	35	26,14	19,6	0,7	9,53	2,9	0,1	9,80	3,2	0,3	1,0
99 77	87	88,35	66,3	2,2	23,68	7,1	0,2	24,36	8,0	0,7	2,4
76 - 77	45	43,18	32,4	1,1	12,25	3,7	0,1	12,61	4,2	0,4	1,3
3e - 3f	0	0,82	0,6	0,0	0,27	0,1	0,0	0,27	0,1	0,0	0,0
77 - 3x	76,3	88,86	66,6	2,2	20,77	6,2	0,2	21,37	7,1	0,6	2,1
95 - 3y	153	534,83	401,1	13,4	41,66	12,5	0,4	42,86	14,1	1,3	4,3
3y- 3x	64	45,85	34,4	1,1	17,42	5,2	0,2	17,92	5,9	0,5	1,8
3x - IPAL 12	5	3,51	2,6	0,1	1,39	0,4	0,0	1,43	0,5	0,0	0,1
pelayanan 13											
72 - 75	134	150,48	112,9	3,8	36,47	10,9	0,4	37,52	12,4	1,1	3,8
75 - 3aa	44,8	176,25	132,2	4,4	12,27	3,7	0,1	12,62	4,2	0,4	1,3
3e - 3f	0	0,78	0,6	0,0	0,27	0,1	0,0	0,27	0,1	0,0	0,0
68 - 3ab	56,71	46,00	34,5	1,1	15,44	4,6	0,2	15,88	5,2	0,5	1,6
3ab - 3aa	62,3	63,56	47,7	1,6	16,96	5,1	0,2	17,45	5,8	0,5	1,7

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
3aa - IPAL 13	12	10,20	7,7	0,3	3,28	1,0	0,0	3,37	1,1	0,1	0,3
pelayanan 14											
67 - 3ac	165	747,69	560,8	18,7	44,93	13,5	0,4	46,22	15,3	1,4	4,6
66 - 3ad	178	174,28	130,7	4,4	48,44	14,5	0,5	49,84	16,4	1,5	5,0
3e - 3f	0	0,88	0,7	0,0	0,27	0,1	0,0	0,27	0,1	0,0	0,0
3ad - 3ac	44	55,73	41,8	1,4	11,98	3,6	0,1	12,32	4,1	0,4	1,2
3ac -IPAL 14	65	322,81	242,1	8,1	17,74	5,3	0,2	18,25	6,0	0,5	1,8
pelayanan 15											
65 - 3ae	134	133,95	100,5	3,3	36,47	10,9	0,4	37,52	12,4	1,1	3,8
64 -3af	44,8	61,94	46,5	1,5	12,20	3,7	0,1	12,55	4,1	0,4	1,3
3e - 3f	0	31,11	23,3	0,8	2,37	0,7	0,0	2,37	0,8	0,1	0,2
3af - 3ae	56,71	58,19	43,6	1,5	15,44	4,6	0,2	15,88	5,2	0,5	1,6
3ae -IPAL 15	62,3	73,80	55,3	1,8	16,96	5,1	0,2	17,45	5,8	0,5	1,7
pelayanan 16											
62 - 3ag	113,6	193,36	145,0	4,8	30,92	9,3	0,3	31,81	10,5	1,0	3,2
57 - 3ah	105,7	150,75	113,1	3,8	28,77	8,6	0,3	29,60	9,8	0,9	3,0
3ah - 3 ag	48,6	54,49	40,9	1,4	13,23	4,0	0,1	13,61	4,5	0,4	1,4
3ag - IPAL 16	4	7,99	6,0	0,2	1,17	0,3	0,0	1,20	0,4	0,0	0,1
pelayanan 17	0	1,01	0,8	0,0	0,17	0,1	0,0	0,17	0,1	0,0	0,0
56 - 3al	102	208,03	156,0	5,2	27,76	8,3	0,3	28,56	9,4	0,9	2,9
3aj - 3ai	112	134,07	100,6	3,4	30,48	9,1	0,3	31,36	10,3	0,9	3,1
3ai - IPAL 17	5	11,59	8,7	0,3	1,44	0,4	0,0	1,48	0,5	0,0	0,1
pelayanan 18	0	0,93	0,7	0,0	0,17	0,1	0,0	0,17	0,1	0,0	0,0
96 - IPAL 18	593	1592,04	1194,0	39,8	161,39	48,4	1,6	166,04	54,8	5,0	16,6
pelayanan 19											
94 - 3ak	107	156,50	117,4	3,9	29,12	8,7	0,3	29,96	9,9	0,9	3,0
93 - 3al	110	164,89	123,7	4,1	29,94	9,0	0,3	30,80	10,2	0,9	3,1
3al - 3ak	48	165,51	124,1	4,1	13,08	3,9	0,1	13,46	4,4	0,4	1,3
3ak -IPAL 19	5	7,31	5,5	0,2	1,39	0,4	0,0	1,43	0,5	0,0	0,1
pelayanan 20											
92 - 3am	105,6	197,39	148,0	4,9	28,74	8,6	0,3	29,57	9,8	0,9	3,0

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
91- 3an	104,7	167,59	125,7	4,2	28,50	8,5	0,3	29,32	9,7	0,9	2,9
3an - 3am	32	65,85	49,4	1,6	8,72	2,6	0,1	8,97	3,0	0,3	0,9
3am -IPAL 20	3	5,18	3,9	0,1	0,86	0,3	0,0	0,88	0,3	0,0	0,1
pelayanan 21											
92 - 3am	105,6	178,22	133,7	4,5	28,74	8,6	0,3	29,57	9,8	0,9	3,0
91- 3an	104,7	256,81	192,6	6,4	28,50	8,5	0,3	29,32	9,7	0,9	2,9
3an - 3am	32	55,37	41,5	1,4	8,71	2,6	0,1	8,96	3,0	0,3	0,9
3am -IPAL 21	3	9,07	6,8	0,2	0,93	0,3	0,0	0,95	0,3	0,0	0,1
pelayanan 22											
90 - 84	105	308,50	231,4	7,7	28,58	8,6	0,3	29,40	9,7	0,9	2,9
84 - IPAL 22	54	91,78	68,8	2,3	14,70	4,4	0,1	15,12	5,0	0,5	1,5
pelayanan 23											
81 -61	114,7	218,60	164,0	5,5	31,22	9,4	0,3	32,12	10,6	1,0	3,2
80 - 60	111,8	197,07	147,8	4,9	30,43	9,1	0,3	31,31	10,3	0,9	3,1
60 - 61	56	185,13	138,9	4,6	15,25	4,6	0,2	15,69	5,2	0,5	1,6
61 - IPAL 23	4	7,79	5,8	0,2	1,12	0,3	0,0	1,15	0,4	0,0	0,1
pelayanan 24											
79 -59	114,7	223,52	167,6	5,6	31,22	9,4	0,3	32,12	10,6	1,0	3,2
78 - 58	111,8	422,06	316,5	10,6	30,43	9,1	0,3	31,31	10,3	0,9	3,1
58- 59	56	105,97	79,5	2,6	15,24	4,6	0,2	15,68	5,2	0,5	1,6
59 - IPAL 24	4	7,99	6,0	0,2	1,12	0,3	0,0	1,15	0,4	0,0	0,1
pelayanan 25											
101 - 102	85	205,98	154,5	5,1	23,14	6,9	0,2	23,80	7,9	0,7	2,4
102 - 104	45	189,79	142,3	4,7	12,26	3,7	0,1	12,61	4,2	0,4	1,3
103 - 104	87,4	394,08	295,6	9,9	23,79	7,1	0,2	24,48	8,1	0,7	2,4
104 - 106	46,3	255,28	191,5	6,4	14,83	4,4	0,1	15,65	5,2	0,5	1,6
105 - 106	83,4	180,91	135,7	4,5	22,70	6,8	0,2	23,35	7,7	0,7	2,3
106 - 108	42	84,65	63,5	2,1	11,43	3,4	0,1	11,76	3,9	0,4	1,2
107 - 108	80,5	222,17	166,6	5,6	21,91	6,6	0,2	22,54	7,4	0,7	2,3
108 - 110	41	84,39	63,3	2,1	11,16	3,3	0,1	11,48	3,8	0,3	1,1
109 - 110	81,1	182,53	136,9	4,6	22,07	6,6	0,2	22,71	7,5	0,7	2,3

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
110 - IPAL 25	106	281,38	211,0	7,0	28,85	8,7	0,3	29,68	9,8	0,9	3,0

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 9 Perhitungan BOQ Tenaga Kerja Cluster 4

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
4a - 4b	224	201,65	151,2	5,0	60,96	18,3	0,6	62,72	20,7	1,9	6,3
8 - 2	57,24	40,36	30,3	1,0	15,58	4,7	0,2	16,03	5,3	0,5	1,6
1 - 2	79,71	57,46	43,1	1,4	21,69	6,5	0,2	22,32	7,4	0,7	2,2
2 - 3	43,26	34,92	26,2	0,9	11,78	3,5	0,1	12,12	4,0	0,4	1,2
9 - 3	75,32	54,06	40,5	1,4	20,50	6,2	0,2	21,09	7,0	0,6	2,1
3 - 4	47,21	41,10	30,8	1,0	12,85	3,9	0,1	13,22	4,4	0,4	1,3
10 - 4	79,19	57,06	42,8	1,4	21,55	6,5	0,2	22,17	7,3	0,7	2,2
4 - 5	35,67	33,13	24,8	0,8	9,71	2,9	0,1	9,99	3,3	0,3	1,0
11 - 5	86,4	62,69	47,0	1,6	23,52	7,1	0,2	24,19	8,0	0,7	2,4
5 - 6	36,8	36,05	27,0	0,9	10,02	3,0	0,1	10,31	3,4	0,3	1,0
12 - 6	90,45	65,88	49,4	1,6	24,62	7,4	0,2	25,33	8,4	0,8	2,5
6 - 7	45,5	47,19	35,4	1,2	12,39	3,7	0,1	12,75	4,2	0,4	1,3
13 - 7	92,77	67,72	50,8	1,7	25,25	7,6	0,3	25,98	8,6	0,8	2,6
7 - 25	118,54	136,50	102,4	3,4	32,26	9,7	0,3	33,19	11,0	1,0	3,3
19 - 20	67,17	47,83	35,9	1,2	18,28	5,5	0,2	18,81	6,2	0,6	1,9
14 - 20	106,78	139,81	104,9	3,5	29,06	8,7	0,3	29,90	9,9	0,9	3,0
20 - 21	53,45	76,02	57,0	1,9	14,56	4,4	0,1	14,98	4,9	0,4	1,5
15 - 21	112,91	84,01	63,0	2,1	30,73	9,2	0,3	31,62	10,4	0,9	3,2
21 - 22	37,91	56,39	42,3	1,4	10,33	3,1	0,1	10,63	3,5	0,3	1,1

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
16 - 22	112,73	83,86	62,9	2,1	30,68	9,2	0,3	31,57	10,4	0,9	3,2
22 - 23	45,14	69,75	52,3	1,7	12,30	3,7	0,1	12,65	4,2	0,4	1,3
17 - 23	115,23	85,93	64,4	2,1	31,36	9,4	0,3	32,27	10,6	1,0	3,2
23 - 24	37	59,34	44,5	1,5	10,09	3,0	0,1	10,38	3,4	0,3	1,0
18 - 24	114,93	85,68	64,3	2,1	31,28	9,4	0,3	32,18	10,6	1,0	3,2
24 - 25	41,06	68,08	51,1	1,7	11,19	3,4	0,1	11,52	3,8	0,3	1,2
25 - 4b	51,88	96,75	72,6	2,4	16,61	5,0	0,2	17,53	5,8	0,5	1,8
4b - 4c	217,11	463,59	347,7	11,6	59,09	17,7	0,6	60,80	20,1	1,8	6,1
31 - 32	69,23	49,40	37,0	1,2	18,84	5,7	0,2	19,39	6,4	0,6	1,9
26 - 32	100,96	74,28	55,7	1,9	27,48	8,2	0,3	28,27	9,3	0,8	2,8
32 - 33	38,65	32,23	24,2	0,8	10,52	3,2	0,1	10,83	3,6	0,3	1,1
27 - 33	95,04	69,53	52,1	1,7	25,87	7,8	0,3	26,61	8,8	0,8	2,7
33 - 34	61,22	55,31	41,5	1,4	16,66	5,0	0,2	17,15	5,7	0,5	1,7
28 - 34	86,14	62,48	46,9	1,6	23,44	7,0	0,2	24,12	8,0	0,7	2,4
34 - 35	57,58	56,82	42,6	1,4	15,67	4,7	0,2	16,13	5,3	0,5	1,6
29 - 35	87,32	63,41	47,6	1,6	23,77	7,1	0,2	24,45	8,1	0,7	2,4
35 - 36	35,77	37,65	28,2	0,9	9,74	2,9	0,1	10,02	3,3	0,3	1,0
30 - 36	90,23	65,71	49,3	1,6	24,56	7,4	0,2	25,27	8,3	0,8	2,5
36 - 55	116,87	135,42	101,6	3,4	31,81	9,5	0,3	32,73	10,8	1,0	3,3
47 - 48	76,37	98,84	74,1	2,5	20,79	6,2	0,2	21,39	7,1	0,6	2,1
56 - 48	112,42	83,61	62,7	2,1	30,60	9,2	0,3	31,48	10,4	0,9	3,1
48 - 49	18	24,62	18,5	0,6	4,93	1,5	0,0	5,07	1,7	0,2	0,5
37 - 49	108,74	80,59	60,4	2,0	29,59	8,9	0,3	30,45	10,0	0,9	3,0
49 - 50	50,74	71,50	53,6	1,8	13,82	4,1	0,1	14,22	4,7	0,4	1,4
57 - 50	108,62	80,49	60,4	2,0	29,56	8,9	0,3	30,41	10,0	0,9	3,0
50 - 51	14	20,57	15,4	0,5	3,85	1,2	0,0	3,96	1,3	0,1	0,4
42 - 43	35	24,14	18,1	0,6	9,53	2,9	0,1	9,80	3,2	0,3	1,0
38 - 43	44,5	30,99	23,2	0,8	12,11	3,6	0,1	12,46	4,1	0,4	1,2
43 - 44	23,25	17,31	13,0	0,4	6,33	1,9	0,1	6,52	2,2	0,2	0,7
39 - 44	53,5	37,59	28,2	0,9	14,56	4,4	0,1	14,98	4,9	0,4	1,5
44 - 45	27,5	21,44	16,1	0,5	7,49	2,2	0,1	7,71	2,5	0,2	0,8

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
40 - 45	52,22	36,64	27,5	0,9	14,21	4,3	0,1	14,62	4,8	0,4	1,5
45 - 52	47,18	39,24	29,4	1,0	12,84	3,9	0,1	13,21	4,4	0,4	1,3
46 - 51	38,78	34,59	25,9	0,9	10,56	3,2	0,1	10,86	3,6	0,3	1,1
51 - 52	25	23,44	17,6	0,6	6,81	2,0	0,1	7,01	2,3	0,2	0,7
52 - 53	16,21	10,98	8,2	0,3	4,42	1,3	0,0	4,55	1,5	0,1	0,5
58a - 59	61,58	43,61	32,7	1,1	16,76	5,0	0,2	17,24	5,7	0,5	1,7
58 - 59	114	84,91	63,7	2,1	31,03	9,3	0,3	31,92	10,5	1,0	3,2
59 - 61	55	47,48	35,6	1,2	14,97	4,5	0,1	15,40	5,1	0,5	1,5
60 - 61	119,5	89,47	67,1	2,2	32,52	9,8	0,3	33,46	11,0	1,0	3,3
61 - 62	47,36	44,29	33,2	1,1	12,89	3,9	0,1	13,27	4,4	0,4	1,3
63 - 62	120,39	90,21	67,7	2,3	32,77	9,8	0,3	33,71	11,1	1,0	3,4
62 - 53	105,81	110,26	82,7	2,8	28,80	8,6	0,3	29,63	9,8	0,9	3,0
53 - 54	40,7	49,95	37,5	1,2	13,03	3,9	0,1	13,75	4,5	0,4	1,4
66 - 54	113	88,56	66,4	2,2	30,75	9,2	0,3	31,64	10,4	0,9	3,2
41 - 54	104,5	80,96	60,7	2,0	28,44	8,5	0,3	29,26	9,7	0,9	2,9
54 - 55	43	49,49	37,1	1,2	13,76	4,1	0,1	14,52	4,8	0,4	1,5
64 - 65	72,65	53,86	40,4	1,3	19,77	5,9	0,2	20,34	6,7	0,6	2,0
65 - 55	126,23	100,68	75,5	2,5	34,35	10,3	0,3	35,35	11,7	1,1	3,5
55 - 4c	56,44	78,64	59,0	2,0	18,06	5,4	0,2	19,06	6,3	0,6	1,9
55a - 4c	222,9	200,40	150,3	5,0	60,66	18,2	0,6	62,41	20,6	1,9	6,2
4c - 4d	15	40,90	30,7	1,0	4,94	1,5	0,0	5,20	1,7	0,2	0,5
4d - 4e	424,5	1379,91	1034,9	34,5	156,48	46,9	1,6	169,81	56,0	5,1	17,0
4e - 4f	70,7	264,03	198,0	6,6	26,12	7,8	0,3	28,34	9,4	0,9	2,8
74 - 4f	141,28	107,93	80,9	2,7	38,45	11,5	0,4	39,56	13,1	1,2	4,0
4f - 4g	43	165,15	123,9	4,1	15,95	4,8	0,2	17,30	5,7	0,5	1,7
75 - 4g	132,5	100,40	75,3	2,5	36,06	10,8	0,4	37,10	12,2	1,1	3,7
4g - 4h	40,5	158,43	118,8	4,0	15,04	4,5	0,2	16,31	5,4	0,5	1,6
76 - 4h	134,4	102,02	76,5	2,6	36,58	11,0	0,4	37,63	12,4	1,1	3,8
4h - 4i	42,3	168,23	126,2	4,2	15,70	4,7	0,2	17,03	5,6	0,5	1,7
78 - 78a	116	86,56	64,9	2,2	31,57	9,5	0,3	32,48	10,7	1,0	3,2
73 - 78a	42	29,17	21,9	0,7	11,43	3,4	0,1	11,76	3,9	0,4	1,2

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
78a - 79a	36	30,71	23,0	0,8	9,80	2,9	0,1	10,09	3,3	0,3	1,0
79 - 79a	116,4	86,89	65,2	2,2	31,68	9,5	0,3	32,59	10,8	1,0	3,3
79a - 80a	42,3	38,40	28,8	1,0	11,52	3,5	0,1	11,85	3,9	0,4	1,2
80 - 80a	112	113,74	85,3	2,8	30,48	9,1	0,3	31,36	10,3	0,9	3,1
80a - 77a	31,5	30,24	22,7	0,8	8,58	2,6	0,1	8,83	2,9	0,3	0,9
77 - 77a	122,8	105,40	79,0	2,6	33,42	10,0	0,3	34,39	11,3	1,0	3,4
77a - 4i	54	62,90	47,2	1,6	14,70	4,4	0,1	15,13	5,0	0,5	1,5
4i - 4j	41,8	178,59	133,9	4,5	17,63	5,3	0,2	19,68	6,5	0,6	2,0
81 - 85	73,3	52,51	39,4	1,3	19,95	6,0	0,2	20,53	6,8	0,6	2,1
84 - 85	35	24,14	18,1	0,6	9,53	2,9	0,1	9,80	3,2	0,3	1,0
85 - 83	113,42	96,07	72,1	2,4	30,87	9,3	0,3	31,76	10,5	1,0	3,2
82 - 83	35	24,14	18,1	0,6	9,53	2,9	0,1	9,80	3,2	0,3	1,0
83 - 4j	80,2	90,07	67,6	2,3	21,83	6,5	0,2	22,46	7,4	0,7	2,2
4j - 4k	44,5	208,76	156,6	5,2	18,75	5,6	0,2	20,93	6,9	0,6	2,1
86 - 90	74,89	61,41	46,1	1,5	20,38	6,1	0,2	20,97	6,9	0,6	2,1
89 - 90	39	31,64	23,7	0,8	10,62	3,2	0,1	10,92	3,6	0,3	1,1
90- 88	114,5	116,79	87,6	2,9	31,16	9,3	0,3	32,06	10,6	1,0	3,2
87 - 88	35,5	30,10	22,6	0,8	9,66	2,9	0,1	9,94	3,3	0,3	1,0
88 - 4k	77,5	95,92	71,9	2,4	21,09	6,3	0,2	21,70	7,2	0,7	2,2
4k - 4l	35,1	187,37	140,5	4,7	14,85	4,5	0,1	16,58	5,5	0,5	1,7
92 - 93	114,2	111,81	83,9	2,8	31,08	9,3	0,3	31,98	10,6	1,0	3,2
91 - 93	33,2	30,70	23,0	0,8	9,04	2,7	0,1	9,30	3,1	0,3	0,9
93 - 4l	140,5	177,90	133,4	4,4	38,24	11,5	0,4	39,34	13,0	1,2	3,9
4l - 4m	44,2	253,99	190,5	6,3	18,63	5,6	0,2	20,80	6,9	0,6	2,1
94 - 96	116,7	124,49	93,4	3,1	31,76	9,5	0,3	32,68	10,8	1,0	3,3
95 - 96	30	30,00	22,5	0,8	8,17	2,5	0,1	8,40	2,8	0,3	0,8
96 - 4m	145,6	201,25	150,9	5,0	39,63	11,9	0,4	40,77	13,5	1,2	4,1
4m - 4v	55,8	344,23	258,2	8,6	23,46	7,0	0,2	26,19	8,6	0,8	2,6
4n - 4o	75,4	77,37	58,0	1,9	20,52	6,2	0,2	21,11	7,0	0,6	2,1
162 - 163	84,5	100,09	75,1	2,5	23,00	6,9	0,2	23,66	7,8	0,7	2,4
164 - 163	88,7	107,60	80,7	2,7	24,14	7,2	0,2	24,84	8,2	0,7	2,5

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
163 - 4o	184,6	314,20	235,6	7,9	50,24	15,1	0,5	51,69	17,1	1,6	5,2
152 - 153	186,3	265,70	199,3	6,6	50,70	15,2	0,5	52,16	17,2	1,6	5,2
158 - 153	74,5	83,52	62,6	2,1	20,28	6,1	0,2	20,86	6,9	0,6	2,1
153 - 154	32,2	60,24	45,2	1,5	8,77	2,6	0,1	9,03	3,0	0,3	0,9
159 - 154	88,14	102,16	76,6	2,6	23,99	7,2	0,2	24,68	8,1	0,7	2,5
154 - 155	26,04	53,20	39,9	1,3	7,10	2,1	0,1	7,31	2,4	0,2	0,7
160 - 155	85,49	102,34	76,8	2,6	23,27	7,0	0,2	23,94	7,9	0,7	2,4
155 - 156	22	48,48	36,4	1,2	6,01	1,8	0,1	6,18	2,0	0,2	0,6
161 - 156	78,3	83,21	62,4	2,1	21,31	6,4	0,2	21,93	7,2	0,7	2,2
156 - 4o	189,5	508,77	381,6	12,7	51,57	15,5	0,5	53,06	17,5	1,6	5,3
4o -4p	45,2	141,96	106,5	3,5	12,32	3,7	0,1	12,67	4,2	0,4	1,3
142 - 4p	125,4	183,41	137,6	4,6	34,13	10,2	0,3	35,11	11,6	1,1	3,5
146 - 4p	136,2	204,16	153,1	5,1	37,07	11,1	0,4	38,14	12,6	1,1	3,8
4p - 4q	96,7	333,14	249,9	8,3	26,32	7,9	0,3	27,08	8,9	0,8	2,7
123 - 124	61	87,58	65,7	2,2	16,60	5,0	0,2	17,08	5,6	0,5	1,7
133 - 124	142,5	224,19	168,1	5,6	38,78	11,6	0,4	39,90	13,2	1,2	4,0
124 - 125	45,2	84,51	63,4	2,1	12,31	3,7	0,1	12,66	4,2	0,4	1,3
134 - 125	131,5	210,49	157,9	5,3	35,79	10,7	0,4	36,82	12,2	1,1	3,7
125 - 126	45,24	93,05	69,8	2,3	12,32	3,7	0,1	12,67	4,2	0,4	1,3
135 - 126	134	220,79	165,6	5,5	36,47	10,9	0,4	37,52	12,4	1,1	3,8
126 - 127	45,2	101,75	76,3	2,5	12,31	3,7	0,1	12,66	4,2	0,4	1,3
136 - 127	131,8	222,43	166,8	5,6	35,87	10,8	0,4	36,90	12,2	1,1	3,7
127 - 128	46	112,88	84,7	2,8	12,53	3,8	0,1	12,89	4,3	0,4	1,3
137 - 128	131	226,58	169,9	5,7	35,65	10,7	0,4	36,68	12,1	1,1	3,7
128 - 129	48	128,09	96,1	3,2	13,07	3,9	0,1	13,45	4,4	0,4	1,3
138 - 129	132,6	235,43	176,6	5,9	36,09	10,8	0,4	37,13	12,3	1,1	3,7
129 - 130	75,4	221,56	166,2	5,5	20,53	6,2	0,2	21,12	7,0	0,6	2,1
139 - 140	61,5	104,52	78,4	2,6	16,74	5,0	0,2	17,22	5,7	0,5	1,7
141 - 140	35,7	59,84	44,9	1,5	9,72	2,9	0,1	10,00	3,3	0,3	1,0
140 - 130	35	66,73	50,0	1,7	9,53	2,9	0,1	9,80	3,2	0,3	1,0
130 -4q	63	111,06	83,3	2,8	17,15	5,1	0,2	17,64	5,8	0,5	1,8

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
165-132a	32,3	106,90	80,2	2,7	8,81	2,6	0,1	9,06	3,0	0,3	0,9
151 - 132a	115	218,01	163,5	5,5	31,30	9,4	0,3	32,20	10,6	1,0	3,2
132a - 131a	51,7	182,65	137,0	4,6	14,08	4,2	0,1	14,49	4,8	0,4	1,4
150 - 131a	120,7	235,21	176,4	5,9	32,85	9,9	0,3	33,80	11,2	1,0	3,4
131a - 130a	38,3	144,76	108,6	3,6	10,44	3,1	0,1	10,74	3,5	0,3	1,1
148 - 147	67,2	127,15	95,4	3,2	18,29	5,5	0,2	18,82	6,2	0,6	1,9
145 - 147	83,4	162,04	121,5	4,1	22,70	6,8	0,2	23,35	7,7	0,7	2,3
147 - 130a	33	72,13	54,1	1,8	8,99	2,7	0,1	9,25	3,1	0,3	0,9
130a - 129a	79,2	191,93	143,9	4,8	21,56	6,5	0,2	22,18	7,3	0,7	2,2
127a - 129a	82	345,58	259,2	8,6	22,32	6,7	0,2	22,97	7,6	0,7	2,3
129a - 4q	46	207,59	155,7	5,2	12,53	3,8	0,1	12,90	4,3	0,4	1,3
4q - 4r	155,2	854,52	640,9	21,4	49,65	14,9	0,5	52,39	17,3	1,6	5,2
108 - 108a	134,5	291,74	218,8	7,3	36,61	11,0	0,4	37,66	12,4	1,1	3,8
108a - 109a	47,5	95,73	71,8	2,4	12,93	3,9	0,1	13,30	4,4	0,4	1,3
109 - 109a	133,7	368,96	276,7	9,2	36,39	10,9	0,4	37,44	12,4	1,1	3,7
109a - 110a	48,9	100,64	75,5	2,5	13,31	4,0	0,1	13,69	4,5	0,4	1,4
110 - 110a	132	297,08	222,8	7,4	35,92	10,8	0,4	36,96	12,2	1,1	3,7
110a - 111a	50	132,76	99,6	3,3	13,61	4,1	0,1	14,00	4,6	0,4	1,4
111 - 111a	134,5	309,24	231,9	7,7	36,61	11,0	0,4	37,66	12,4	1,1	3,8
111a - 112a	49	142,98	107,2	3,6	13,34	4,0	0,1	13,72	4,5	0,4	1,4
112 - 112a	134	313,76	235,3	7,8	36,47	10,9	0,4	37,52	12,4	1,1	3,8
112a - 113a	50	159,42	119,6	4,0	13,61	4,1	0,1	14,01	4,6	0,4	1,4
113 - 113a	134	319,57	239,7	8,0	36,47	10,9	0,4	37,52	12,4	1,1	3,8
113a - 114a	50	173,46	130,1	4,3	13,61	4,1	0,1	14,01	4,6	0,4	1,4
114 - 114a	134	325,38	244,0	8,1	36,47	10,9	0,4	37,52	12,4	1,1	3,8
114a - 115a	50	187,90	140,9	4,7	13,61	4,1	0,1	14,01	4,6	0,4	1,4
115 - 115a	134	331,19	248,4	8,3	36,47	10,9	0,4	37,52	12,4	1,1	3,8
115a - 4r	52	211,09	158,3	5,3	14,16	4,2	0,1	14,57	4,8	0,4	1,5
122 - 122a	277	788,52	591,4	19,7	75,39	22,6	0,8	77,56	25,6	2,3	7,8
122a - 121a	48,7	177,03	132,8	4,4	13,26	4,0	0,1	13,64	4,5	0,4	1,4
121 - 121a	123,2	312,04	234,0	7,8	33,53	10,1	0,3	34,50	11,4	1,0	3,4

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
121a - 120a	47,23	185,42	139,1	4,6	12,86	3,9	0,1	13,23	4,4	0,4	1,3
120 - 120a	120	308,17	231,1	7,7	32,66	9,8	0,3	33,60	11,1	1,0	3,4
120a - 119a	53	224,42	168,3	5,6	14,43	4,3	0,1	14,85	4,9	0,4	1,5
119 - 119a	125	327,88	245,9	8,2	34,02	10,2	0,3	35,00	11,6	1,1	3,5
119a - 118a	52	237,29	178,0	5,9	14,16	4,2	0,1	14,57	4,8	0,4	1,5
118 - 118a	123	327,32	245,5	8,2	33,48	10,0	0,3	34,44	11,4	1,0	3,4
118a - 117a	50	244,66	183,5	6,1	13,62	4,1	0,1	14,01	4,6	0,4	1,4
117 - 117a	123	332,60	249,4	8,3	33,48	10,0	0,3	34,44	11,4	1,0	3,4
117a - 4r	55	288,09	216,1	7,2	14,98	4,5	0,1	15,41	5,1	0,5	1,5
4r - 4s	23	177,48	133,1	4,4	8,55	2,6	0,1	9,27	3,1	0,3	0,9
104a - 103a	82	227,02	170,3	5,7	22,32	6,7	0,2	22,96	7,6	0,7	2,3
104 - 101	115,7	338,00	253,5	8,4	31,49	9,4	0,3	32,40	10,7	1,0	3,2
103 - 101	138	418,33	313,8	10,5	37,56	11,3	0,4	38,64	12,8	1,2	3,9
101 - 103a	48	182,04	136,5	4,6	13,07	3,9	0,1	13,45	4,4	0,4	1,3
103a - 107a	42	175,63	131,7	4,4	11,44	3,4	0,1	11,77	3,9	0,4	1,2
107 - 107a	132	406,13	304,6	10,2	35,92	10,8	0,4	36,96	12,2	1,1	3,7
107a - 106a	45	206,87	155,2	5,2	12,26	3,7	0,1	12,61	4,2	0,4	1,3
106 - 106a	122,5	377,78	283,3	9,4	33,34	10,0	0,3	34,30	11,3	1,0	3,4
106a - 105a	44,2	222,45	166,8	5,6	12,04	3,6	0,1	12,39	4,1	0,4	1,2
105 - 105a	123	385,15	288,9	9,6	33,48	10,0	0,3	34,44	11,4	1,0	3,4
105a - 4s	45	246,55	184,9	6,2	12,26	3,7	0,1	12,61	4,2	0,4	1,3
69 - 4s	445	2015,41	1511,6	50,4	121,11	36,3	1,2	124,60	41,1	3,7	12,5
4s - 4t	130	1122,04	841,5	28,1	47,93	14,4	0,5	52,01	17,2	1,6	5,2
97 - 4t	47	136,24	102,2	3,4	12,79	3,8	0,1	13,16	4,3	0,4	1,3
102 - 4t	137,4	454,32	340,7	11,4	37,39	11,2	0,4	38,47	12,7	1,2	3,8
4t - 4u	53,5	486,54	364,9	12,2	19,75	5,9	0,2	21,43	7,1	0,6	2,1
100 - 4u	183	649,85	487,4	16,2	49,80	14,9	0,5	51,24	16,9	1,5	5,1
4u - 4v	70,3	664,38	498,3	16,6	25,94	7,8	0,3	28,15	9,3	0,8	2,8
4v - 4w	20	326,60	244,9	8,2	8,67	2,6	0,1	9,65	3,2	0,3	1,0
4w - IPA	10	180,65	135,5	4,5	4,77	1,4	0,0	5,26	1,7	0,2	0,5

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 10 Perhitungan BOQ Tenaga Kerja Cluster 5

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m ³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m ³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m ³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
1 - 3	123,56	106,85	80,14	2,67	33,63	10,09	0,34	34,60	11,42	1,04	3,46
2 - 3	43	33,56	25,17	0,84	11,71	3,51	0,12	12,04	3,97	0,36	1,20
3 - 5a	112,27	124,89	93,67	3,12	30,56	9,17	0,31	31,44	10,37	0,94	3,14
5a - 5b	47,6	60,98	45,74	1,52	12,96	3,89	0,13	13,34	4,40	0,40	1,33
4 - 6	113	96,47	72,35	2,41	30,75	9,23	0,31	31,64	10,44	0,95	3,16
5 - 6	41	31,91	23,93	0,80	11,16	3,35	0,11	11,48	3,79	0,34	1,15
6 - 5b	119,6	131,32	98,49	3,28	32,55	9,77	0,33	33,49	11,05	1,00	3,35
5b - 5c	45	62,04	46,53	1,55	12,26	3,68	0,12	12,61	4,16	0,38	1,26
7 - 9	114,2	97,63	73,23	2,44	31,08	9,32	0,31	31,98	10,55	0,96	3,20
8 - 9	44,56	34,85	26,13	0,87	12,13	3,64	0,12	12,48	4,12	0,37	1,25
9 - 5c	114,07	124,87	93,65	3,12	31,05	9,31	0,31	31,94	10,54	0,96	3,19
5c - 5d	46,3	69,03	51,77	1,73	12,61	3,78	0,13	12,98	4,28	0,39	1,30
10 - 12	113,09	96,55	72,42	2,41	30,78	9,23	0,31	31,67	10,45	0,95	3,17
11 - 12	41	31,91	23,93	0,80	11,16	3,35	0,11	11,48	3,79	0,34	1,15
12 - 5d	109	118,49	88,86	2,96	29,67	8,90	0,30	30,52	10,07	0,92	3,05
5d - 5e	55,45	89,49	67,12	2,24	15,10	4,53	0,15	15,54	5,13	0,47	1,55
13 - 15	101,48	85,41	64,05	2,14	27,62	8,29	0,28	28,42	9,38	0,85	2,84
14 - 15	51	40,22	30,17	1,01	13,88	4,16	0,14	14,28	4,71	0,43	1,43
15 - 5e	113,99	121,73	91,30	3,04	31,02	9,31	0,31	31,92	10,53	0,96	3,19
5e - 5f	54	94,40	70,80	2,36	14,71	4,41	0,15	15,13	4,99	0,45	1,51
16 - 5f	219	211,33	158,49	5,28	59,60	17,88	0,60	61,32	20,24	1,84	6,13
17 - 18	216,4	208,23	156,17	5,21	58,89	17,67	0,59	60,59	20,00	1,82	6,06

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
18 - 5f	74,78	95,25	71,44	2,38	20,36	6,11	0,20	20,94	6,91	0,63	2,09
5f - 5g	207,93	560,78	420,59	14,02	66,51	19,95	0,67	70,18	23,16	2,11	7,02
5g - 5h	45	146,03	109,52	3,65	14,44	4,33	0,14	15,24	5,03	0,46	1,52
24 - 26	105,44	89,18	66,88	2,23	28,70	8,61	0,29	29,52	9,74	0,89	2,95
25 - 26	43,86	34,27	25,70	0,86	11,94	3,58	0,12	12,28	4,05	0,37	1,23
26 - 5h	98,52	104,43	78,32	2,61	26,81	8,04	0,27	27,59	9,10	0,83	2,76
5h - 5i	42	143,47	107,60	3,59	13,49	4,05	0,13	14,24	4,70	0,43	1,42
27 - 29	94,16	78,52	58,89	1,96	25,63	7,69	0,26	26,37	8,70	0,79	2,64
28 - 29	43,09	33,63	25,22	0,84	11,73	3,52	0,12	12,07	3,98	0,36	1,21
29 - 5i	111,5	145,69	109,27	3,64	30,35	9,10	0,30	31,22	10,30	0,94	3,12
5i - 5j	42,7	151,30	113,47	3,78	13,72	4,12	0,14	14,48	4,78	0,43	1,45
30 - 33	94,03	78,40	58,80	1,96	25,59	7,68	0,26	26,33	8,69	0,79	2,63
31 - 33	37,84	29,33	22,00	0,73	10,30	3,09	0,10	10,60	3,50	0,32	1,06
33 - 5j	105,31	109,85	82,39	2,75	28,66	8,60	0,29	29,49	9,73	0,88	2,95
5j - 5k	47,09	172,17	129,13	4,30	15,12	4,54	0,15	15,96	5,27	0,48	1,60
34 - 36	106,14	89,85	67,38	2,25	28,89	8,67	0,29	29,72	9,81	0,89	2,97
35 - 36	40,19	31,25	23,43	0,78	10,94	3,28	0,11	11,26	3,71	0,34	1,13
36 - 5k	95,22	100,74	75,56	2,52	25,92	7,78	0,26	26,66	8,80	0,80	2,67
37 - 39	106	89,71	67,28	2,24	28,85	8,65	0,29	29,68	9,79	0,89	2,97
38 - 39	36,62	28,34	21,25	0,71	9,97	2,99	0,10	10,26	3,39	0,31	1,03
39 - 41	100,28	106,60	79,95	2,66	27,29	8,19	0,27	28,08	9,27	0,84	2,81
40 - 41	30	23,01	17,26	0,58	8,17	2,45	0,08	8,41	2,77	0,25	0,84
41 - 5k	44,63	54,27	40,70	1,36	12,15	3,65	0,12	12,51	4,13	0,38	1,25
5k - 5l	145	563,80	422,85	14,09	46,40	13,92	0,46	48,96	16,16	1,47	4,90
19 - 20	414,28	484,71	363,53	12,12	112,75	33,82	1,13	116,00	38,28	3,48	11,60

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	Galian Tanah			Urugan Pasir			Sisa Tanah Galian			Jumlah truk (unit)
		Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	Volume (m³)	Tenaga lapangan (oh)	Tenaga pengawas (oh)	
20 - 22	77,21	130,24	97,68	3,26	21,02	6,31	0,21	21,63	7,14	0,65	2,16
21 - 22	195	183,25	137,44	4,58	53,07	15,92	0,53	54,60	18,02	1,64	5,46
22 - 23	180,17	352,50	264,38	8,81	49,04	14,71	0,49	50,45	16,65	1,51	5,05
23 - 5m	15	33,09	24,82	0,83	4,17	1,25	0,04	4,29	1,41	0,13	0,43
43 - 44	43,5	33,97	25,48	0,85	11,84	3,55	0,12	12,18	4,02	0,37	1,22
42 - 44	140,12	123,61	92,71	3,09	38,13	11,44	0,38	39,23	12,95	1,18	3,92
44 - 46	48,13	51,99	39,00	1,30	13,10	3,93	0,13	13,48	4,45	0,40	1,35
45 - 46	140,5	124,00	93,00	3,10	38,24	11,47	0,38	39,34	12,98	1,18	3,93
46 - 48	29,71	34,56	25,92	0,86	8,10	2,43	0,08	8,33	2,75	0,25	0,83
47 - 48	147	130,74	98,05	3,27	40,01	12,00	0,40	41,16	13,58	1,23	4,12
48 - 5l	46,8	58,16	43,62	1,45	12,75	3,82	0,13	13,11	4,33	0,39	1,31
5l - 5m	15,92	68,02	51,02	1,70	5,33	1,60	0,05	5,61	1,85	0,17	0,56
5m - IPAL	10	45,82	34,37	1,15	3,57	1,07	0,04	3,75	1,24	0,11	0,37

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 11 Analisis Harga Satuan SPAL

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pembongkaran Paving				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,1000	Rp60.000,00	Rp6.000,00
Tukang kayu	OH	0,1000	Rp80.000,00	Rp8.000,00
Kepala Tukang	OH	0,0100	Rp85.000,00	Rp850,00
Mandor	OH	0,0050	Rp85.000,00	Rp425,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp15.275,00
B. BAHAN				
Kayu balok	m3	0,0120	Rp1.785.714,00	Rp21.428,57
Paku	kg	0,0200	Rp15.750,00	Rp315,00
Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	m3	0,0070	Rp6.770.833,00	Rp47.395,83
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp69.139,40
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp84.414,40
E. Overhead & Profit				Rp8.441,44
Nilai HSPK				Rp92.855,84
Pemasangan paving Blok Lama				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,5000	Rp60.000,00	Rp30.000,00
Tukang batu	OH	0,2500	Rp75.000,00	Rp18.750,00
Mandor	OH	0,0500	Rp85.000,00	Rp4.250,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp53.000,00
B. BAHAN				
Pasir pasang muntiran	m3	0,0720	Rp275.000,00	Rp19.800,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp19.800,00
C. PERALATAN				
Vibratory plate tamper	jam	0,0240	Rp50.268,00	Rp1.206,43
Alat bantu	set	0,0250	Rp50.000,00	Rp1.250,00
JUMLAH HARGA ALAT				Rp2.456,43
D. Jumlah				Rp75.256,43
E. Overhead & Profit				Rp7.525,64
Nilai HSPK				Rp82.782,08
Penggalian tanah				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	1,0500	Rp60.000,00	Rp63.000,00
Mandor	OH	0,0670	Rp85.000,00	Rp5.695,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp68.695,00
B. BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN				
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
D. Jumlah				Rp68.695,00
E. Overhead & Profit				Rp6.869,50
Nilai HSPK				Rp75.564,50
Galian tanah biasa dibuang ke luar lokasi				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,7000	Rp60.000,00	Rp42.000,00
Mandor	OH	0,0250	Rp85.000,00	Rp2.125,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp44.125,00
B. BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN				
C. PERALATAN				
Dump truck 7,5 ton	jam	0,1086	Rp383.672,00	Rp41.666,78
Alat bantu	set	0,1	Rp50.000,00	Rp5.000,00
JUMLAH HARGA ALAT				Rp46.666,78
D. Jumlah				Rp90.791,78
E. Overhead & Profit				Rp9.079,18
Nilai HSPK				Rp99.870,96
Pngurangan 1 m3 pasir urug				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,3000	Rp60.000,00	Rp18.000,00
Mandor	OH	0,0100	Rp85.000,00	Rp850,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp18.850,00
Pasir urug	m3	1,2000	Rp196.300,00	Rp235.560,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp235.560,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp254.410,00
E. Overhead & Profit				Rp25.441,00
Nilai HSPK				Rp279.851,00
Pengurangan 1 m3 sirtu padat				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,2500	Rp60.000,00	Rp15.000,00
Mandor	OH	0,0250	Rp85.000,00	Rp2.125,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp17.125,00
B. BAHAN				
Pasir urug	m3	1,2000	Rp214.100,00	Rp256.920,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp256.920,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp274.045,00
E. Overhead & Profit				Rp27.404,50
Nilai HSPK				Rp301.449,50
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 4"				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,0810	Rp60.000,00	Rp4.860,00

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
Tukang batu	OH	0,1350	Rp75.000,00	Rp10.125,00
Kepala Tukang	OH	0,0135	Rp85.000,00	Rp1.147,50
Mandor	OH	0,0040	Rp85.000,00	Rp340,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp16.472,50
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe D Ø2" panjang 4m	batang	0,3000	Rp294.600,00	Rp88.380,00
Perlengkapan	kg	35% x pipa	Rp-	Rp30.933,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp119.313,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp135.785,50
E. Overhead & Profit				Rp13.578,55
Nilai HSPK				Rp149.364,05
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 6"				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,0810	Rp60.000,00	Rp4.860,00
Tukang batu	OH	0,1350	Rp75.000,00	Rp10.125,00
Kepala Tukang	OH	0,0135	Rp85.000,00	Rp1.147,50
Mandor	OH	0,0040	Rp85.000,00	Rp340,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp16.472,50
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe D Ø6" panjang 4m	batang	0,3000	Rp654.700,00	Rp196.410,00
Perlengkapan	kg	35% x pipa	Rp-	Rp68.743,50
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp265.153,50
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp281.626,00
E. Overhead & Profit				Rp28.162,60
Nilai HSPK				Rp309.788,60
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 8"				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,0810	Rp60.000,00	Rp4.860,00
Tukang batu	OH	0,1350	Rp75.000,00	Rp10.125,00
Kepala Tukang	OH	0,0135	Rp85.000,00	Rp1.147,50
Mandor	OH	0,0040	Rp85.000,00	Rp340,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp16.472,50
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe D Ø6" panjang 4m	batang	0,3000	Rp1.098.700,00	Rp329.610,00
Perlengkapan	kg	35% x pipa	Rp-	Rp115.363,50
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp444.973,50
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp461.446,00
E. Overhead & Profit				Rp46.144,60
Nilai HSPK				Rp507.590,60
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 10"				

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,0810	Rp60.000,00	Rp4.860,00
Tukang batu	OH	0,1350	Rp75.000,00	Rp10.125,00
Kepala Tukang	OH	0,0135	Rp85.000,00	Rp1.147,50
Mandor	OH	0,0040	Rp85.000,00	Rp340,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp16.472,50
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe D Ø6" panjang 4m	batang	0,3000	Rp1.698.900,00	Rp509.670,00
Perlengkapan	kg	35% x pipa	Rp-	Rp178.384,50
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp688.054,50
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp704.527,00
E. Overhead & Profit				Rp70.452,70
Nilai HSPK				Rp774.979,70

Tabel 12 Analisis Harga Satuan IPAL

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pengukuran dan pemasangan 1m Bouwplank				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,100	Rp60.000,00	Rp6.000,00
Tukang kayu	OH	0,100	Rp80.000,00	Rp8.000,00
Kepala Tukang	OH	0,010	Rp85.000,00	Rp850,00
Mandor	OH	0,005	Rp85.000,00	Rp425,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp15.275,00
B. BAHAN				
Kayu balok	m3	0,012	Rp1.785.714,00	Rp21.428,57
Paku	kg	0,020	Rp15.750,00	Rp315,00
Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	m3	0,007	Rp6.770.833,00	Rp47.395,83
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp69.139,40
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp84.414,40
E. Overhead & Profit				Rp8.441,44
Nilai HSPK				Rp92.855,84
Pembersihan 1 m2 lapangan dan perataan				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,100	Rp60.000,00	Rp6.000,00
Mandor	OH	0,050	Rp85.000,00	Rp4.250,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp10.250,00
B. BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN				
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp10.250,00
E. Overhead & Profit				Rp1.025,00
Nilai HSPK				Rp11.275,00

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pembongkaran Paving				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,1000	Rp60.000,00	Rp6.000,00
Tukang kayu	OH	0,1000	Rp80.000,00	Rp8.000,00
Kepala Tukang	OH	0,0100	Rp85.000,00	Rp850,00
Mandor	OH	0,0050	Rp85.000,00	Rp425,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp15.275,00
B. BAHAN				
Kayu balok	m3	0,0120	Rp1.785.714,00	Rp21.428,57
Paku	kg	0,0200	Rp15.750,00	Rp315,00
Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	m3	0,0070	Rp6.770.833,00	Rp47.395,83
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp69.139,40
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp84.414,40
E. Overhead & Profit				Rp8.441,44
Nilai HSPK				Rp92.855,84
Menggali 1m3 tanah biasa sedalam 3m				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	1,050	Rp60.000,00	Rp63.000,00
Mandor	OH	0,067	Rp85.000,00	Rp5.695,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp68.695,00
B. BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN				
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp68.695,00
E. Overhead & Profit				Rp6.869,50
Nilai HSPK				Rp75.564,50
Pembuangan 1 m3 tanah sejauh 30 meter				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,330	Rp60.000,00	Rp19.800,00
Mandor	OH	0,010	Rp85.000,00	Rp850,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp20.650,00
B. BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN				
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp20.650,00
E. Overhead & Profit				Rp2.065,00
Nilai HSPK				Rp22.715,00
Pengurugan 1 m3 pasir urug				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,300	Rp60.000,00	Rp18.000,00
Mandor	OH	0,010	Rp85.000,00	Rp850,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp18.850,00
B. BAHAN				
Pasir urug	m3	1,200	Rp196.300,00	Rp235.560,00

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp235.560,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp254.410,00
E. Overhead & Profit				Rp25.441,00
Nilai HSPK				Rp279.851,00
Pemsangan 1m3 pondasi batu belah campuran 1SP:3PP				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	1,500	Rp60.000,00	Rp90.000,00
Tukang batu	OH	0,750	Rp75.000,00	Rp56.250,00
Kepala Tukang	OH	0,075	Rp85.000,00	Rp6.375,00
Mandor	OH	0,075	Rp85.000,00	Rp6.375,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp159.000,00
B. BAHAN				
Batu belah	m3	1,2	Rp286.100,00	Rp343.320,00
Portland cement	kg	202	Rp1.687,00	Rp340.774,00
Pasir pasang muntitan	m3	0,485	Rp275.000,00	Rp133.375,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp817.469,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp976.469,00
E. Overhead & Profit				Rp97.646,90
Nilai HSPK				Rp1.074.115,90
Membuat lantai kerja beton K-100				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	1,200	Rp60.000,00	Rp72.000,00
Tukang batu	OH	0,200	Rp75.000,00	Rp15.000,00
Kepala Tukang	OH	0,020	Rp85.000,00	Rp1.700,00
Mandor	OH	0,067	Rp85.000,00	Rp5.695,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp94.395,00
B. BAHAN				
Portland cement	kg	230	Rp1.687,00	Rp388.010,00
Pasir beton	kg	893	Rp217,00	Rp193.781,00
Batu pecah	kg	1027	Rp174,07	Rp178.769,89
Air	litr	200	Rp157,00	Rp31.400,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp791.960,89
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp886.355,89
E. Overhead & Profit				Rp88.635,59
Nilai HSPK				Rp974.991,48
Membuat 1 m3 beton K-200				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	1,650	Rp60.000,00	Rp99.000,00
Tukang batu	OH	0,275	Rp75.000,00	Rp20.625,00
Kepala Tukang	OH	0,026	Rp85.000,00	Rp2.210,00
Mandor	OH	0,083	Rp85.000,00	Rp7.055,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp128.890,00
B. BAHAN				
Portland cement	kg	352,000	Rp1.687,00	Rp593.824,00

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pasir beton	kg	731,000	Rp217,00	Rp158.627,00
Batu pecah	kg	1031,000	Rp174,07	Rp179.466,17
Air	litr	215,000	Rp157,00	Rp33.755,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp965.672,17
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp1.094.562,17
E. Overhead & Profit				Rp109.456,22
Nilai HSPK				Rp1.204.018,39
Membuat 1 m3 beton K-250				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	1,650	Rp60.000,00	Rp99.000,00
Tukang batu	OH	0,275	Rp75.000,00	Rp20.625,00
Kepala Tukang	OH	0,026	Rp85.000,00	Rp2.210,00
Mandor	OH	0,083	Rp85.000,00	Rp7.055,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp128.890,00
B. BAHAN				
Portland cement	kg	384,000	Rp1.687,00	Rp647.808,00
Pasir beton	kg	692,000	Rp217,00	Rp150.164,00
Batu pecah	kg	1039,000	Rp174,07	Rp180.858,73
Air	litr	215,000	Rp157,00	Rp33.755,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp1.012.585,73
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp1.141.475,73
E. Overhead & Profit				Rp114.147,57
Nilai HSPK				Rp1.255.623,30
Pemasangn 1 m2 bekisting untuk sloof				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,520	Rp60.000,00	Rp31.200,00
Tukang kayu	OH	0,260	Rp80.000,00	Rp20.800,00
Kepala Tukang	OH	0,026	Rp85.000,00	Rp2.210,00
Mandor	OH	0,026	Rp85.000,00	Rp2.210,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp56.420,00
B. BAHAN				
Kayu sengon (papan)	m3	0,045	Rp1.146.250,00	Rp51.581,25
Paku	kg	0,300	Rp15.750,00	Rp4.725,00
Minyak bekisting	liter	0,100	Rp16.000,00	Rp1.600,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp57.906,25
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp114.326,25
E. Overhead & Profit				Rp11.432,63
Nilai HSPK				Rp125.758,88
Pemasangn 1 m2 bekisting untuk dinding				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,660	Rp60.000,00	Rp39.600,00
Tukang kayu	OH	0,330	Rp80.000,00	Rp26.400,00

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
Kepala Tukang	OH	0,033	Rp85.000,00	Rp2.805,00
Mandor	OH	0,033	Rp85.000,00	Rp2.805,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp71.610,00
B. BAHAN				
Kayu sengon (papan)	m3	0,030	Rp1.146.250,00	Rp34.387,50
Paku	kg	0,400	Rp15.750,00	Rp6.300,00
Minyak bekisting	liter	0,200	Rp16.000,00	Rp3.200,00
Kayu Kelapa	m3	0,020	Rp3.575.000,00	Rp71.500,00
Multipkel tebal 0,9 cm	lembar	0,350	Rp93.500,00	Rp32.725,00
Dolken kayu galam Ø6-10 cm, pjg 3m	batang	3,000	Rp27.000,00	Rp81.000,00
Formtie/penjaga jarak bekisting/spacer		4,000	Rp6.650,00	Rp26.600,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp255.712,50
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp327.322,50
E. Overhead & Profit				Rp32.732,25
Nilai HSPK				Rp360.054,75
Pemasangn 1 m2 bekisting untuk lantai				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,660	Rp60.000,00	Rp39.600,00
Tukang kayu	OH	0,330	Rp80.000,00	Rp26.400,00
Kepala Tukang	OH	0,033	Rp85.000,00	Rp2.805,00
Mandor	OH	0,033	Rp85.000,00	Rp2.805,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp71.610,00
B. BAHAN				
Kayu sengon (papan)	m3	0,040	Rp1.146.250,00	Rp45.850,00
Paku	kg	0,400	Rp15.750,00	Rp6.300,00
Minyak bekisting	liter	0,200	Rp16.000,00	Rp3.200,00
Kayu Kelapa	m3	0,015	Rp3.575.000,00	Rp53.625,00
Multipkel tebal 0,9 cm	lembar	0,350	Rp93.500,00	Rp32.725,00
Dolken kayu galam Ø6-10 cm, pjg 3m	batang	6,000	Rp27.000,00	Rp162.000,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp303.700,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp375.310,00
E. Overhead & Profit				Rp37.531,00
Nilai HSPK				Rp412.841,00
Pemasangn 1 m2 bekisting untuk atap				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,660	Rp60.000,00	Rp39.600,00
Tukang kayu	OH	0,330	Rp80.000,00	Rp26.400,00
Kepala Tukang	OH	0,033	Rp85.000,00	Rp2.805,00
Mandor	OH	0,033	Rp85.000,00	Rp2.805,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp71.610,00
B. BAHAN				
Kayu sengon (papan)	m3	0,040	Rp1.146.250,00	Rp45.850,00
Paku	kg	0,400	Rp15.750,00	Rp6.300,00
Minyak bekisting	liter	0,200	Rp16.000,00	Rp3.200,00
Kayu Kelapa	m3	0,015	Rp3.575.000,00	Rp53.625,00
Multipkel tebal 0,9 cm	lembar	0,350	Rp93.500,00	Rp32.725,00
Dolken kayu galam Ø6-10 cm, pjg 3m	batang	6,000	Rp27.000,00	Rp162.000,00

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp303.700,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp375.310,00
E. Overhead & Profit				Rp37.531,00
Nilai HSPK				Rp412.841,00
Pembesian dengan besi polos atau ulir				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,070	Rp60.000,00	Rp4.200,00
Tukang besi	OH	0,070	Rp75.000,00	Rp5.250,00
Kepala Tukang	OH	0,007	Rp85.000,00	Rp595,00
Mandor	OH	0,004	Rp85.000,00	Rp340,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp10.385,00
B. BAHAN				
Baja tulangan polos U-24 atau ulir U-32	kg	10,500	Rp10.350,00	Rp108.675,00
Kawat beton	kg	0,150	Rp14.500,00	Rp2.175,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp110.850,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp121.235,00
E. Overhead & Profit				Rp12.123,50
Nilai HSPK				Rp133.358,50
Sheet Pile Baja (Tinggi = 6 m) untuk Pengaman Galian / Tebing Pekerjaan Beton K-250				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	1,000	Rp60.000,00	Rp60.000,00
Tukang	OH	0,400	Rp75.000,00	Rp30.000,00
Kepala Tukang	OH	0,200	Rp85.000,00	Rp17.000,00
Mandor	OH	0,100	Rp85.000,00	Rp8.500,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp115.500,00
B. BAHAN				
Electrode Baja	kg	0,200	Rp30.600,00	Rp6.120,00
Gedeg Guling	m2	2,500	Rp122.000,00	Rp305.000,00
Sewa crane 30ton	jam	0,571	Rp139.800,00	Rp79.853,76
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp390.973,76
C. PERALATAN				
Sewa sheet pile WF	OH	319,500	Rp1.100,00	Rp351.450,00
Sewa sheet profile C	OH	22,700	Rp1.100,00	Rp24.970,00
JUMLAH HARGA ALAT				Rp376.420,00
D. Jumlah				Rp882.893,76
E. Overhead & Profit				Rp88.289,38
Nilai HSPK				Rp971.183,14
Pemasangan pipa PVC Tipe D diameter 2"				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,081	Rp60.000,00	Rp4.860,00
Tukang batu	OH	0,135	Rp75.000,00	Rp10.125,00
Kepala Tukang	OH	0,014	Rp85.000,00	Rp1.147,50
Mandor	OH	0,004	Rp85.000,00	Rp340,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp16.472,50
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe D Ø2" panjang 4m	batang	0,300	Rp53.600,00	Rp16.080,00

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
Perlengkapan	kg	35% x pipa	Rp-	Rp5.628,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp21.708,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp38.180,50
E. Overhead & Profit				Rp3.818,05
Nilai HSPK				Rp41.998,55
Pemasangan pipa PVC Tipe D diameter 4"				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,081	Rp60.000,00	Rp4.860,00
Tukang batu	OH	0,135	Rp75.000,00	Rp10.125,00
Kepala Tukang	OH	0,014	Rp85.000,00	Rp1.147,50
Mandor	OH	0,004	Rp85.000,00	Rp340,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp16.472,50
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe D Ø2" panjang 4m	batang	0,300	Rp151.200,00	Rp45.360,00
Perlengkapan	kg	35% x pipa	Rp-	Rp15.876,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp61.236,00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp77.708,50
E. Overhead & Profit				Rp7.770,85
Nilai HSPK				Rp85.479,35
Pemasangan 1 m2 plesteran 1SP::1PP tebal 15 mm				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	0,300	Rp60.000,00	Rp18.000,00
Tukang batu	OH	0,150	Rp75.000,00	Rp11.250,00
Kepala Tukang	OH	0,015	Rp85.000,00	Rp1.275,00
Mandor	OH	0,015	Rp85.000,00	Rp1.275,00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp31.800,00
B. BAHAN				
Portland cement	kg	15,504	Rp1.687,00	Rp26.155,25
Pasir pasang muntitan	m3	0,016	Rp275.000,00	Rp4.400,00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp30.555,25
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp62.355,25
E. Overhead & Profit				Rp6.235,52
Nilai HSPK				Rp68.590,77